



# Utveckling av metodik för flygbildstolkning inom NILS landskapsrutor (5x5 km)

Liselott Marklund, Anna Allard, Mikael Egberth, Johan Holmgren, Mats Högström,  
Björn Nilsson, Håkan Olsson, Helle Skånes, Fredrik Walter, Sture Sundquist



**Arbetsrapport 173 2007**

SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET  
Institutionen för skoglig resurshushållning  
S-901 83 UMEÅ  
Tfn: 018-671000



ISSN 1401-1204  
ISRN SLU-SRG--AR—173-SE

## FÖRORD

Denna rapport bygger på en studie av användarbehov och en utredning av möjliga metoder för flygbildstolkning av landskapsrutan inom NILS, Nationell Inventering av Landskapet i Sverige. Studien av användarbehov har framförallt utgått från den behovsanalys som utfördes inför designen av NILS (Esseen et al. 2004). Studien och metodtesterna genomfördes under hösten 2006 och vintern 2007. Rapporten slutrapporteras till Naturvårdsverket 070330 och kommer att tryckas som arbetsrapport under våren 2007. Studien har framförallt utgått från befintliga data och tekniker men den höga potentialen med laserscanning och också berörts. Ett stort tack riktas därför till projektet Test av laserskannerdata för Natura 2000 och NILS dnr 721 6923-06Mn för att laserscannade data från Halland har funnits tillgängliga som underlag för de diskussioner som förs i rapporten. Ett stort tack riktas också till alla medförfattare utan vars bidrag denna rapport inte varit möjlig. Anna Allard och Björn Nilsson har bidragit med flygbildstolkning och expertis. Mikael Egberth, Mats Högström och Fredrik Walter (Dianthus AB) har utfört segmenteringstester. Johan Holmgren och Håkan Olsson har bistått med kunskap om möjligheter med laserscanning. Helle Skånes har bidragit med värdefulla bidrag om flygbildstolkning och landskapsanalys samt kopplingar till tolkningsmetodiken inom Natura 2000. Sture Sundquist har varit projektägare och bidragit med synpunkter till projektet.

## ***Innehållsförteckning***

FÖRORD .....	2
SAMMANFATTNING .....	5
INLEDNING.....	6
1.1 Bakgrund .....	6
1.2 Syfte.....	10
1.3 Förutsättningar och avgränsningar .....	11
2 INDATA OCH STUDIEOMRÅDEN.....	12
2.1 Studieområden .....	12
2.2 Indata .....	12
3 METODER.....	18
3.1 Genomgång av behovsanalys .....	18
3.2 Manuell flygbildstolkning .....	18
3.3 Semiautomatisk tolkning .....	20
3.4 Utredning av möjligheter med laserscannade data .....	21
4 RESULTAT.....	21
4.1 Behovsanalys .....	21
4.2 Metodtester - manuell tolkning .....	24
4.3 Metodtester - Segmentering .....	37
4.4 Möjligheter med laserscanning.....	47
4.5 Förslag på tolkningskoncept för landskapsrutan .....	55
5 DISKUSSION .....	63
5.1 Satellitbilder eller ortofoton vid segmentering .....	63
5.2 Skalor och karteringsenheter .....	63
5.3 Manuell och GIS-stödd tolkning .....	64
5.4 Segmentering .....	64
6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER .....	66
6.1 Slutsatser.....	66
6.2 Rekommendationer.....	67
REFERENSER .....	69
BILAGA 1. VARIABLER FÖR FÖRENKLAD TOLKNING AV LANDSKAPSRUTAN 5X5 KM.....	72
BILAGA 2. FÖRSLAG PÅ MÖJLIG KLASSIFICERING AV LANDSKAPSRUTAN .....	75
BILAGA 3. FÖRSLAG PÅ MÖJLIG KLASSIFICERING AV LANDSKAPSRUTAN (FÖRENKLAD) .....	79
BILAGA 4. FÖRKORTNINGAR FÖR KONTAKTADE ORGANISATIONER I ARB RAPPORT 132. ....	81
BILAGA 5. FASTIGHETSKARTAN SOM STÖD VID MANUELL TOLKNING .....	82
BILAGA 6 – BEHOV UTPEKADE I INFORMATIONSANALYSEN (ARB RAPPORT 132) .....	83
6.3 Jordbrukslandskapet .....	83
6.4 Urban miljö.....	85
6.5 Våtmarker och stränder .....	86

6.6 Skoglandskapet.....	87
6.7 Fjällmiljö .....	89



## SAMMANFATTNING

Miljöövervakningsprogrammet Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) bygger på en kombination av fältinventering och flygbildstolkning och ger ett dataunderlag för att skatta tillstånd och förändringar i det svenska landskapets alla naturtyper. För att utföra landskapsanalyser krävs data från ett större område än den centrala kilometerruta (1 km<sup>2</sup>) som utgör basen inom NILS. Den omgivande landskapsrutan (25 km<sup>2</sup>) är där ett viktigt komplement för att kunna beskriva den rumsliga fördelningen av olika typer av landskapselement, och landskapets fragmenteringsgrad, med mera.

Projektet har syftat till att ta fram ett beslutsunderlag som ska ligga till grund för beslut om hur flygbildstolkningen av landskapsrutan ska utföras.

Utgångspunkten i projektet har varit att ta hänsyn till så många användarbehov som möjligt vid förslaget på tolkningsmetodik. Undersökningen av användarbehov har till stor del baserats på den informationsanalys (Esseen et al. 2004) som legat till grund för designen av NILS. Genomgången visar att de största användarbehoven är att kunna följa landskapets sammansättning och struktur. För att detta ska vara möjligt krävs uppgifter om storlek, form och rumslig fördelning av en mängd marktäcketyper och markanvändning. Användarnas behov av detaljeringsgrad varierar och inom urban miljö och inom odlingslandskapet är kraven på detaljeringsnivå är högre jämfört med skogsmark och våtmarker, där en högre generaliseringsgrad kan tolereras.

Metodtester och en genomgång av nya tekniker och metoder för datafångst och tolkning har genomförts med utgångspunkt från de användarbehov som påtalats i informationsanalysen (Esseen et al. 2004). Ett förslag på möjlig klassificering har framarbetats för att visa på den detaljeringsgrad som krävs vid tolkningen för att skapa vissa typer av markslagsklasser. Förslaget baseras i första hand på användarbehoven varför vissa avvikelser från ett vanligt hierarkiskt klassificeringssystem förekommer.

De metoder som testats har varit manuell flygbildstolkning med stöd av befintliga GIS-data och tolkning med stöd av segmenteringsprocesser. Metodtesterna har utmynnat i förslag på tolkningskoncept för landskapsrutan indelat på 3 scenarier.

I **scenario 1** redovisas en manuell lösning som bygger på en kombination av manuell flygbildstolkning och nyttjande av befintliga eller kommande GIS-data.

I **scenario 2** redovisas en kombination av manuella och semiautomatiska metoder som bygger på manuell flygbildstolkning, nyttjade av befintliga GIS-data som kNN-Sverige och segmentering, där segmenteringen utnyttjas för polygonavgränsning, framförallt i skog.

I **scenario 3** redovisas ett framtidsscenario där det är möjligt att kombinera data från flygbilder och laserskanning med segmenteringsprocesser, semiautomatisk klassning av segment och manuell flygbildstolkning kontroll och tolkning.

Slutsatsen är att scenario 1 är den mest kostsamma lösningen och scenarion 3 är inte möjligt att genomföra inom den närmaste framtiden varför scenario 2 bedöms vara det alternativ som har högst potential att vara kostnadseffektivt. Slutsatsen blir att förslaget i scenario 2 behöver avgränsas ytterligare och att det krävs utförliga metodtester för att kunna bedöma den totala kostnadsbilden för förslaget.

## INLEDNING

Nationell inventering av landskapet i Sverige (NILS) är ett nationellt miljöövervakningsprogram som på ett statistiskt korrekt sätt samlar miljödata, framför allt relaterat till miljöpåverkan av markanvändning på biologisk mångfald och natur- och kulturlandskapsvärden, över hela den svenska landmiljön. Detta specialprojekt syftar till att utveckla den metodik för flygbildstolkning inom NILS landskapsrutor (5x5 km), som är en viktig del av programmets grunddesign.

Datafångsten i NILS sker i dag huvudsakligen inom den centrala kilometerrutan (1x1 km) ruta och omfattar detaljerade data från tolkning av IRF flygbilder och fältmätningar. Dessa data utgör grunden till att följa upp miljömålen i olika naturtyper på nationell och regional nivå.

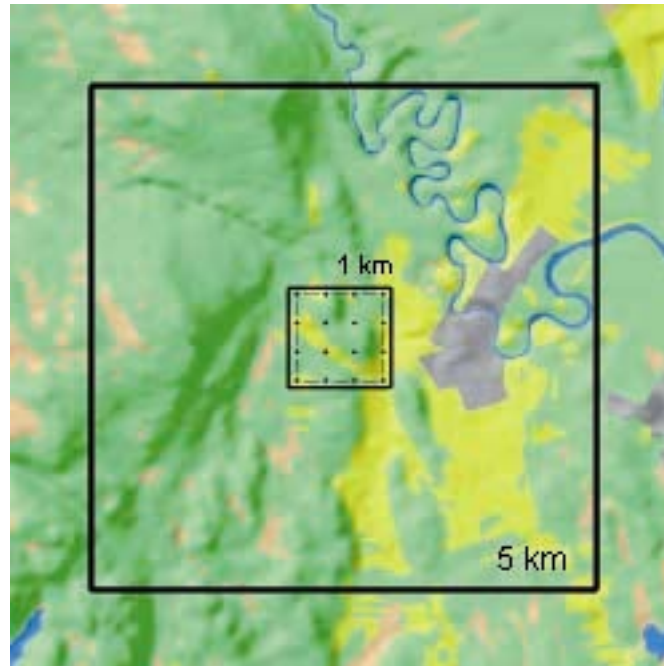
Den grundläggande tanken vid utvecklingen av NILS inventeringsmetodik har varit att göra flygbildstolkning även inom den s.k. Landskapsrutan (5x5 km). Arbetet med att fastställa variabelinnehåll och metoder för tolkning inom denna ruta har temporärt vilat i väntan på att nuvarande verksamhet ska anta operativ form inom kilometerrutan (1x1 km).

Den större landskapsrutan är av primärt intresse för många avnämare. Analyser av orsaker till förändrade förhållanden för den biologiska mångfalden kräver i många fall information om struktur och processer på landskapsnivå. Ett flertal möjliga användare av NILS har uttryckt starka behov av landskapsdata där några exempel är: Riksantikvarieämbetet, uppföljningen av Natura-2000, SJV:s uppföljningsprogram för kvalitéer i småbiotoper, Ängs- och Betesmarksinventeringen, mm. Data från NILS landskapsrutor är även lämpligt för att fånga upp ovanligare naturtyper, följa upp tillståndet för den biologiska mångfalden i skog, ta fram mått på fragmenteringsgrad samt för att verifiera naturtypsklassificeringar baserade på satellitdata med mera.

### 1.1 Bakgrund

#### 1.1.1 NILS design

Vid designen av NILS (Ringvall et al. 2004) konstaterades att för att kunna följa landskapets komposition och struktur så måste stickprovet omfatta ett större landskapsavsnitt. Den lösning som slutligen valdes inför starten av NILS blev en kompromiss mellan nytta och kostnad där intensiva fältmätningar och detaljerad tolkning av IRF-bilder sker en i central 1x1 km ruta och en översiktlig tolkning med övergripande beskrivningen ska ske i en yttre 5x5 km ruta (Figur 1).



*Figur 1 Konceptuell figur över de rutor (1x1 km och 5x5 km) som ingår i NILS stickprov. Inom den centrala kilometerrutan sker linjeinventering och inventering i provytor.*

Metoder och manualer har utvecklats för flygbildstolkning (Allard et al., 2003) och fältinventering (Esseen et al., 2003-2006) inom kilometerrutan (1x1 km), där tolkning och inventering har pågått sedan 2003. Utveckling av metoder för tolkning av Landskapsrutan (5x5 km) prioriterades inte i första skedet av NILS varför ingen tolkning sker i dagsläget.

Den centrala kilometerrutan utgör den primära provtagningsenheten inom NILS till vilken landskapsrutan ska utgöra ett viktigt komplement. I flertalet svenska naturtyper är 1x1 km för liten yta för att på ett adekvat sätt kunna beskriva hur landskapet påverkas av bland annat storskalig markanvändning. Vid kilometerrutans yttergränser delas också många polygoner (avgränsning av homogena områden) varför landskapsrutan om 5x5 km avsevärt förbättrar möjligheterna att fånga upp landskapsperspektivet, dvs. sammansättningen och den rumsliga fördelningen av landskapselement samt deras inbördes läge i förhållande till varandra.

De huvudsyften som pekades ut för landskapsrutan vid designen av NILS var att:

- ta fram data på landskapets sammansättning genom polygonavgränsning av ingående landskapselement för karakterisering av tillstånd och förändringar i landskapet i en större rumslig skala.
- beskriva landskapets struktur, d v s den rumsliga fördelningen (storlek, form, läge) av olika typer av landskapselement, och landskapets fragmenteringsgrad.
- beskriva omgivningen ('omlandet') runt den centrala 1 km rutan.
- fånga upp sällsynta landskapselement av särskild betydelse för biologisk mångfald
- utgöra en urvalsram för tilläggsprogram, riktade inventeringar och annan miljöövervakning.

## 1.1.2 Metoder för tolkning av flygbilder

### 1.1.2.1 Flygbildstolkning inom NILS kilometerrutan

Vid flygbildstolkning inom NILS kilometerruta gäller att alla homogena områden ska avgränsas och beskrivas. Avgränsning sker inom en kvadrat med sidorna 1100 m. Efter att avgränsningen är utförd bildas polygoner av gränslinjerna.

Reglerna för avgränsningen utgår i så stor utsträckning som möjligt från tydliga gränser i naturen, snarare än efter givna gränsvärden för när t.ex. en viss marktäcketyyp övergår i en annan (Allard et al., 2003). För trädbevuxna ytor innebär detta att bland annat trädslag, medelbeståndshöjd, medelträdtäckning, markanvändning med mera bedöms inom polygonen. Inom NILS förekommer också ett antal mer eller mindre tvingande klassgränser som måste beaktas vid avgränsningen och dessutom finns vissa naturtyper och ”värdekärnor” som måste uppmärksammas vid avgränsningen.

För varje bildad polygon tolkas sedan ett antal variabler (marktäckeparametrar). Eventuell klassning kan sedan utföras enligt den s.k. *a posterioriprincipen* (Allard et al., 2003).

Vid tolkningen av kilometerrutan inom NILS gäller normalt att en polygon måste vara minst 0,1 ha (1000 m<sup>2</sup>) för att avgränsas. Minsta bredd för akvatiska polygoner är 6 m och för övriga polygoner 10 m. På kortare sträckor än 20 m kan minimibredden sänkas (Allard et al., 2003). Vid skillnad i markanvändning samtidigt som tydlig skillnad i marktäcke råder kan polygoner om minst 0,05 ha (500 m<sup>2</sup>) avgränsas, exempelvis åkerholmar, täkter, skarpt avgränsade myrar och hållmarker. En lång rad landskapselement vilka har mindre area än de ovan nämnda, exempelvis källor och solitära träd, karteras som punktojekt. Smala och långsträckta element som är mindre än minsta karteringsenhet karteras som linjeelement, t.ex. diken, vägar och stenmurar. Gränserna för minimiarealerna är valda som en avvägning mellan tidsåtgång och nyttan av den tolkade informationen. I följande fall används alltid den lägre gränsen (0,05 ha):

- öar
- åkerholmar
- vattenytor (permanenta)
- tomter
- täkter
- hårdgjorda ytor

### 1.1.2.2 Polygonmetoden

Flygbildstolkning är en väl etablerad metod för vegetationskartering. Den så kallade polygonmetoden har bland annat använts inom LiM-projektet (livsmedelspolitikens miljöeffekter), (Ihse, 1995; Ihse & Blom, 2000; Blom et al. 2001). Metoden inom LIM bygger på att hela rutan indelas i polygoner baserat på *a priori* definierade klasser med avseende på marktäcke och markanvändning. Metoden inom NILS bygger dock på att polygoner avgränsas och etiketteras med kontinuerliga variabler, vilket medför att klassning av polygoner kan ske enligt den så kallade *a posterioriprincipen*. Detta ger då möjlighet att utföra skattningar utifrån både polygoner och variabler.

Fördelarna med en polygonbaserad metod är att den ger en heltäckande bild av landskapets mosaik. För varje polygon finns information om storlek, form och läge vilket ger möjlighet att beskriva landskapets rumsliga mönster och hur det varierar över tiden. Detta ger stor flexibilitet att utföra avancerade analyser av rumsliga mönster. Exempel på sådana analyser är landskapsindex, spridningsvägar och korridorer, barriärer med mera. Metoden är också bra för att åskådliggöra landskapets sammansättning och förändringar relaterat till läget. Eftersom polygonmetoden innebär en totalartering inom det angivna området så fångas även sällsynta biotoper i den mån de förekommer. En annan fördel är att man kan erhålla en heltäckande kartering på sådana ställen där det är svårt eller omöjligt att ta sig fram i fält.

Nackdelen med manuell tolkning av flygbilderna är att den är tidskrävande. Trots att det finns manualer och mallar som i detalj beskriver tolkningsprocessen förekommer det, precis som i fältbedömningar, också en del personvariationer mellan utförarna, både vad gäller ytavgränsning och tolkning av variabler (egenskaper). Det kommer också att krävas en del metodutveckling innan förändringsanalyser med statistiskt goda skattningar går att genomföra.

Det ska dock sägas att en heltäckande kartering med hjälp av flygbilder och en mycket begränsad fältinsats för kontroll av tolkning, kräver mindre än en tredjedel av den tid och kostnad det skulle kräva att göra samma kartering i fält (Ihse & Wastenson, 1975; Ihse et al., 1993; Ihse & Allard, 1995; Allard, 2003).

#### 1.1.2.3 Punktgittermetoden

Punktgittermetoden är en mindre vanlig metod för vegetationstolkning. Förberedande studier inom NILS har dock gett goda resultat (Esseen et al., 2006; Allard et al. 2007). Metoden utgår från tolkning i ett systematiskt rutnät (gitter). För landskapsrutan innebär detta i storleksordningen 100-200 punkter. Som bedömningsyta vid tolkningen används cirkelytor med 20 meters radie inom vilken marktäcke och naturlighet bedöms. Därefter tolkas ett mindre antal variabler, bl.a. markanvändning, trädäckning, trädhöjd mm. Metodiken är enkel och bygger på att det ska gå snabbt att tolka alla variabler i en punkt. Variansen i skattningarna kan uppskattas enligt formeln:  $\text{var}(\hat{p}) = p(1-p)/n$  där  $p$  är proportionen för variabeln ifråga och  $n$  är totala antalet punkter.

Fördelarna med punktgittermetodiken är att den är snabb och systemet för datainsamling är enkelt. Metoden har också jämfört med polygonmetoden en något högre grad av objektivitet vid tolkningen. Metoden utgör i sig ett stratifierat stickprov vilket ger objektiva skattningar.

Nackdelarna med punktgittermetoden är att den ger mycket lite information om landskapets konfiguration och mycket mindre data om storlek, form, läge, isolering, fragmentering etc. Detta gäller i synnerhet om avståndet mellan punkterna är stort i förhållande till landskapets variation. I de fall centrumunkten hamnar i gränsen mellan två homogena områden så krävs principer för delning. I likhet med alla tolkningsmetoder, så förekommer det en viss personvariation mellan tolkarna.

Även punktgittermetoden går att använda för beräkning av storlek och form etc. men detta kräver då en annorlunda och/eller tätare fördelning av mätpunkterna. Om punkterna läggs så tätt att man kan förvänta sig ”mer än en punkt per polygon/patch/bestand etc.” finns möjligheter att beräkna storlek, form, etc. även med punktgittermetodik. Detta skulle till

exempel vara möjligt om punkter läggs ut med t.ex. 50 m mellanrum, i en ram runt 5 km rutan, alternativt i några tätare kluster i rutans hörn.

### **1.1.3 Nya metoder för datafångst och bearbetning av data**

Kostnaderna för manuell flygbildstolkning och risken för personberoende, i kombination med den snabba tekniska utvecklingen inom flygburen fjärranalys och bildanalys gör det motiverat att även undersöka nya metoder för datafångst och datorstödd eller automatiserad ”tolkning”.

Flygbilder registreras från 2005/2006 i regel digitalt, vilket ger bilder med väsentligt mer radiometrisk information per pixel. Detta ger vissa förutsättningar att automatisk identifiering av de flesta träd, klassning av trädslag från trädkronans färg, samt automatiserad indelning i polygoner genom segmenteringsteknik. Automatiserad flygbildstolkning försvåras dock av de stora tittvinkelskillnaderna inom flygbilderna.

Forskning har visat att det är möjligt att utföra stereomatchning av krontakets höjd utifrån digitala flygbilder från flera olika tittvinklar (Xiaowei et al. 2004) vilket kommer att utgöra ett intressant alternativ i framtiden. Denna information blir dock användbar först när det finns en detaljerad digital höjdmodell.

Ett mycket effektivt sätt att erhålla såväl en digital höjdmodell, som information om trädskiktets höjd och täthet är flygburen laserskanning. Laserscannade data utgörs av ca 1 – 20 mätningar/m<sup>2</sup> av läget för punkter på marken och i vegetationen. Laserdata lämpar sig mycket väl för automatiserade metoder, men kan inte minst erbjuda stöd för beslut vid tolkning.

## **1.2 Syfte**

Projektet är ett specialprojekt inom NILS som syftar till att ta fram förslag på tolkningsmetodik för NILS landskapsruta (5x5 km). Projektet ska resultera i ett underlag som ska ligga till grund för beslut om metod för den framtida tolkningen av landskapsrutan.

I projektet ingår att utreda hur olika GIS-data och analysverktyg kan användas för att effektivisera och förenkla flygbildstolkningsarbetet inom landskapsrutan.

Projektet har indelats i följande delmål.

- Analysera och redovisa databehoven från presumtiva användare av data från NILS landskapsrutor (5x5 km) med utgångspunkt från informationsanalysen utförd inför designen av NILS (Esseen et al. 2004).
- Utarbeta förslag på befintlig Satellit- och GIS-data som kan användas som stöd för tolkningsarbetet.
- Utvärdera olika typer av dataprogram som automatiskt kan segmentera (förprocessa) satellitbilder och befintliga flygbilder, för att sedan användas som ingångsdata i det manuella tolkningsarbetet.
- Undersöka nya metoder för datafångst och bearbetning av data som stöd för flygbildstolkningen

- Ge förslag på tolkningskoncept för landskapsrutan. I beskrivningen ingår också att utföra tids- och kostnadsanalys på föreslagna lösningar.
- Ta fram förslag på detaljeringsgrad/upplösning för tolkning inom landskapsrutan. Förslaget ska vara kostnadseffektivt och samtidigt svara upp mot de behov som finns från uppdragsgivaren och potentiella användare av resultaten från flygbildstolkningen.

### **1.3 Förutsättningar och avgränsningar**

Denna rapport ska resultera i ett beslutsunderlag för tolkning av landskapsrutan och leverera förslag till tolkningsmetodik. I projektet ingår inte att ta fram färdiga metoder och lösningar.

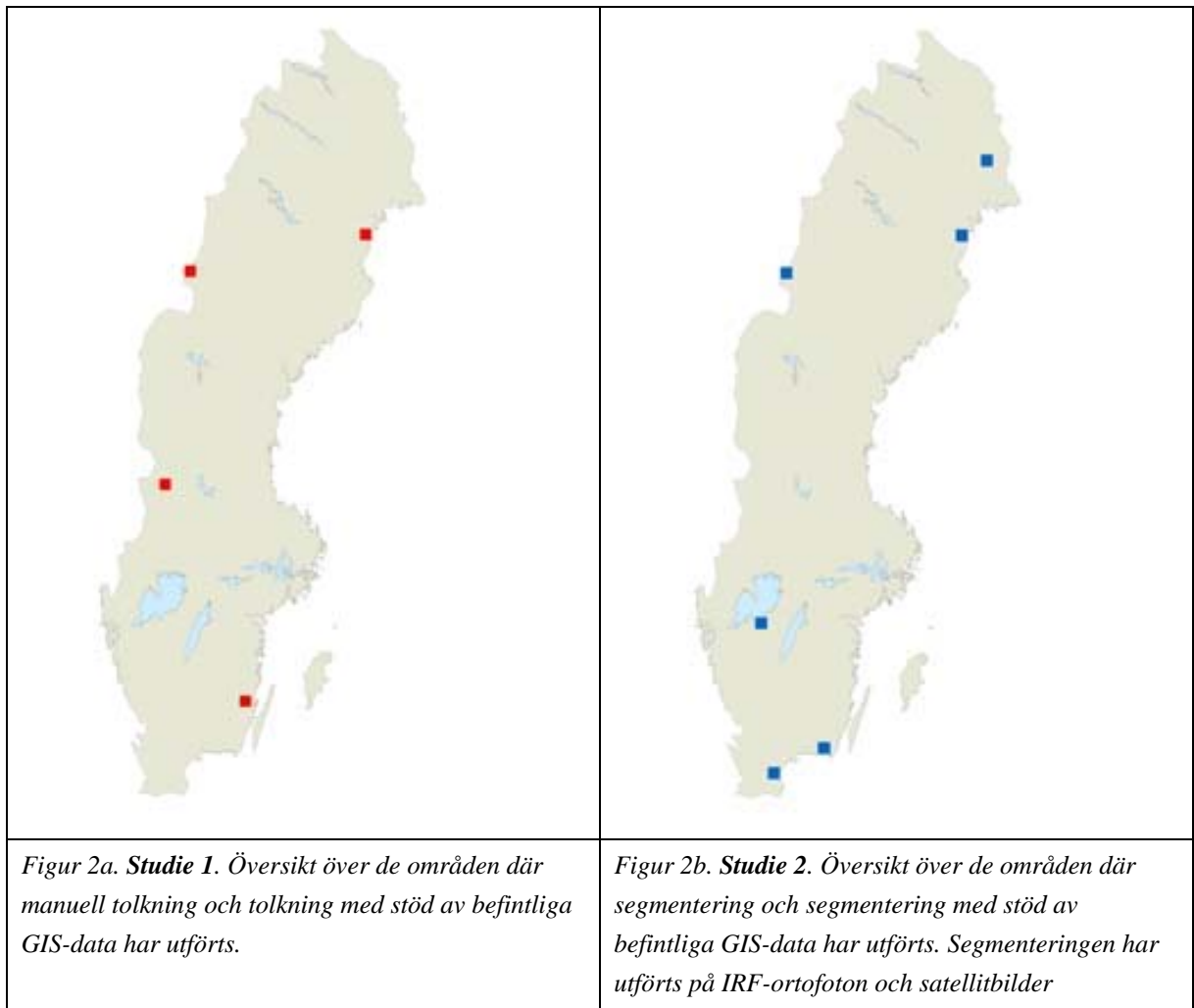
Antalet möjliga marktäckeklasser bör i landskapsrutan begränsas till ett mindre antal klasser, förslagsvis ca 20-60 st. Klasserna bör kunna översättas till internationella system, samt vara hierarkiska och ska kunna kondenseras ned till ett fåtal huvudklasser, t ex jordbruksmark, våtmark, kalmare, yngre skog, äldre skog etc.

Den föreslagna tolkningsmetodiken bör vara generell till sin karaktär och baseras på användarnas behov i relation till vad som är möjligt att tolka. Jämfört med den tolkning som sker i kilometerrutan kommer detta att innebära ett färre antal avgränsningar och en kraftig begränsning av antalet tolkade variabler.

## 2 INDATA OCH STUDIEOMRÅDEN

### 2.1 Studieområden

Studieområdena har valts för att ge en god spridning inom biogeografiska regioner olika naturtyper (våtmarker, fjäll, skogsmark, odlingslandskap och urban miljö).



### 2.2 Indata

Följande befintliga GIS-data har beaktats i projektet:

- Satellitbilder (SPOT 4, SPOT 5 och Landsat TM)
- Digitala IRF Ortofoton
- kNN-Sverige
- SJV:s blockdatabas
- VMI (Våtmarksinventeringen)
- SCB:s skikt för tätorter, småorter, fritidshusområden och arbetsplatsområden
- Lantmäteriets Svenska marktäckedata (SMD) -Pixel



- Lantmäteriets Vägkarta i vektorformat
- Lantmäteriets Fastighetskarta i vektorformat

## Satellitbilder

På SLU finns SPOT-bilder över hela Sverige förutom i fjällregionen, där Landsat-bilder finns att tillgå.

Från åren 2004-2005 finns totalt 155 SPOT 5 bilder och 63 SPOT 4 bilder. 97 av dessa svarade mot kvalitetskod 1-2 och 55 svarade mot kvalitetskod 1. Kvalitetskoden baseras på en bedömning av bildkvalitet, andelen moln med mera.

Kriterierna för val av studieområde var:

- SPOT med kvalitetskod 1-2
- Scenerna ska vara registrerade från slutet på juni till slutet på augusti
- Det ska finnas tolkade data från NILS kilometerruta över området.

Totalt fanns 23 scener som svarade mot kvalitetskod =1 från 050619-050831 där det samtidigt fanns tolkade NILS 1x1 km rutor.

Följande satellitbilder har ingått i studien:

Satellit	Path	Row	Datum
• SPOT 5	057	236	050704
• SPOT 5	058	235	050831
• SPOT 5	053	231	050901
• SPOT 5	057	212	050705
• SPOT 4	058	215	050819
• Landsat 5 TM	197	015	050731

## Ortofoton

Inom projektet har ortofoton producerats utifrån IR-bilder för samtliga områden som ingick i studie 2. Ortofotoproduktionen skedde i Erdas Imagine OrthoBase.

## kNN-Sverige

kNN-Sverige består av rasterdata med upplösningen 25x25 m på pixelnivå och innehåller uppgifter om totalt virkesförråd, virkesförråd per trädslag, ålder och trädhöjd större delen av landets skogsmark. Skogsmasken är hämtad från Vägkartans markskikt för skog. Materialet har tagits fram genom en sambearbetning av satellitbilder (Landsat 7 ETM+ från datasetet Image 2000) och fältdata från Riksskogstaxeringen. Namnet kommer från beräkningsmetoden kNN ("k Nearest Neighbour").

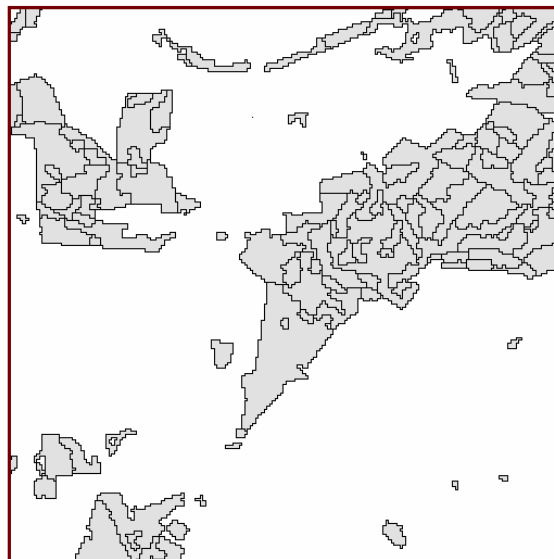
Skattningarnas noggrannhet är relativt låg på pixelnivå men ökar avsevärt när pixelvärdena aggregerats till lite större områden. kNN-Sverige finns också i en generaliserad version där

de skattade värdena finns representerade per segment istället för per pixel. I Figur 3 ses exempel på skogsmark som ingår i en NILS-ruta enligt kNN-Sverige.

Uppgifter från kNN-Sverige ska kunna användas i geografiska informationssystem (GIS) för beskrivningar och analyser på lokal, regional och nationell nivå.

Exempel på skikt som ingår i kNN med möjlighet att redovisas per pixel eller per segment är:

- Höjd
- Ålder
- Gran (%)
- Tall Contorta (%)
- Björk (%)
- Övriga trivallöv (%)
- Bok (%)
- Ek (%)



*Figur 3. Andel skogsmark i en NILS-ruta indelad i segment från den generaliserade kNN-Sverige. Andelen (%) av olika trädslag, ålder och höjd kan redovisas per segment.*

### **SJV:s blockdatabas**

Jordbruksverkets blockdatabas består av ett GIS-skikt för jordbruksblocken till vilken information om bland annat miljöstöd kan kopplas.

Följande typer är berättigade till miljöstöd:

- vallodling
- miljöskyddsåtgärder
- minskat kväveläckage
- bruna bönor

- ekologiska produktionsformer
- skyddszoner
- betesmarker och slåtterängar
- natur- och kulturmiljöer i odlingslandskapet.

### **Ängs- och betesmarker i Jordbruksverkets databas TUVÅ**

I Jordbruksverkets databas TUVÅ ingår den nationella nationell inventering av Sveriges ängs- och betesmarker som utfördes av länsstyrelserna mellan 2002 - 2004. Totalt inventerades då 300 000 hektar mark.

Inventeringen beskriver ängs- och betesmarksrelaterade miljökväliteter som naturtyper, hävd, flora-, fauna-, vatten-, och kulturvärden. Den skall användas för uppföljning och utvärdering av Miljö- och landsbygdsprogrammet samt miljökvälitetsmålet "Ett rikt odlingslandskap".

NILS utför från och med 2006 en riktad fältinventering i ängs- och betesobjekt för Jordbruksverkets räkning. Inventeringen utförs i ett antal objekt som ligger inom NILS landskapsruta i Södra och Mellansverige och inom 15x15 km stora rutor i anslutning till NILS i norra Sverige.

### **VMI (Våtmarksinventeringen)**

Våtmarksinventeringen (VMI) är Naturvårdsverkets projekt för regional inventering av länens våtmarker som genomförts med en standardiserad metod i hela landet. Inom VMI registreras samtliga hydrologiskt sammanhängande våtmarker som är större än en viss minimiareal (från 50 ha i Norrland och från 20 ha i södra Sverige).

Inventeringen sker i 3 steg:

Steg 1: Våtmarksobjekten identifieras och avgränsas i flygbild där faktorer som grad och typ av ingrepp, beskogning, blöthet och hydrotopografi bedöms.

I realiteten har detta inneburit att man på många länsstyrelser suttit med ortofoton och grovt avgränsat våtmarksområden med stöd av t.ex. vägkartan eller terrängkartan. Den geometriska noggrannheten kan därför skilja sig inom materialet. Planen att delobjekt skulle skapas för olika våtmarkstyper inom objektet men detta har endast utförts i begränsas omfattning.

Steg 2: Indelning i preliminära naturvärdesklasser efter ett ADB-baserat poängsystem. Faktorer som vägs in är bland annat representativitet, orördhet/ostördhet, storlek, mångformighet och raritet.

Steg 3: Översiktlig fältinventering med syfte att kontrollera tolkningen, ingreppen och värderingen för de två hösta poängklasserna i ADB-systemet. Vidare syftar inventeringen till att dela in delobjekten i element och utföra beskrivning av vegetationstyper och registrering av arter i dessa.

I dagsläget ingår alla huvudobjekt i VMI men underavdelningar i s.k. delobjekt saknas. Rikskärrsinventeringen som startade 2006 innebär att delar av VMI-objekten ska indelas i delobjekt och återinventeras. 4-5 län har påbörjat arbete och 2010 ska hela rikskärrsinventeringen vara klar.

### **SCB:s skikt för tätorter, småorter, fritidshusområden och arbetsplatsområden**

SCB:s skikt för tätorter, småorter, fritidshusområden och arbetsplatsområden finns framtagna för hela Sverige. Avgränsningarna sker med GIS-teknik och utnyttjande av registerinformation. Tidigare har flygbilder använts som stöd men numera används också stöd från satellitbilder.

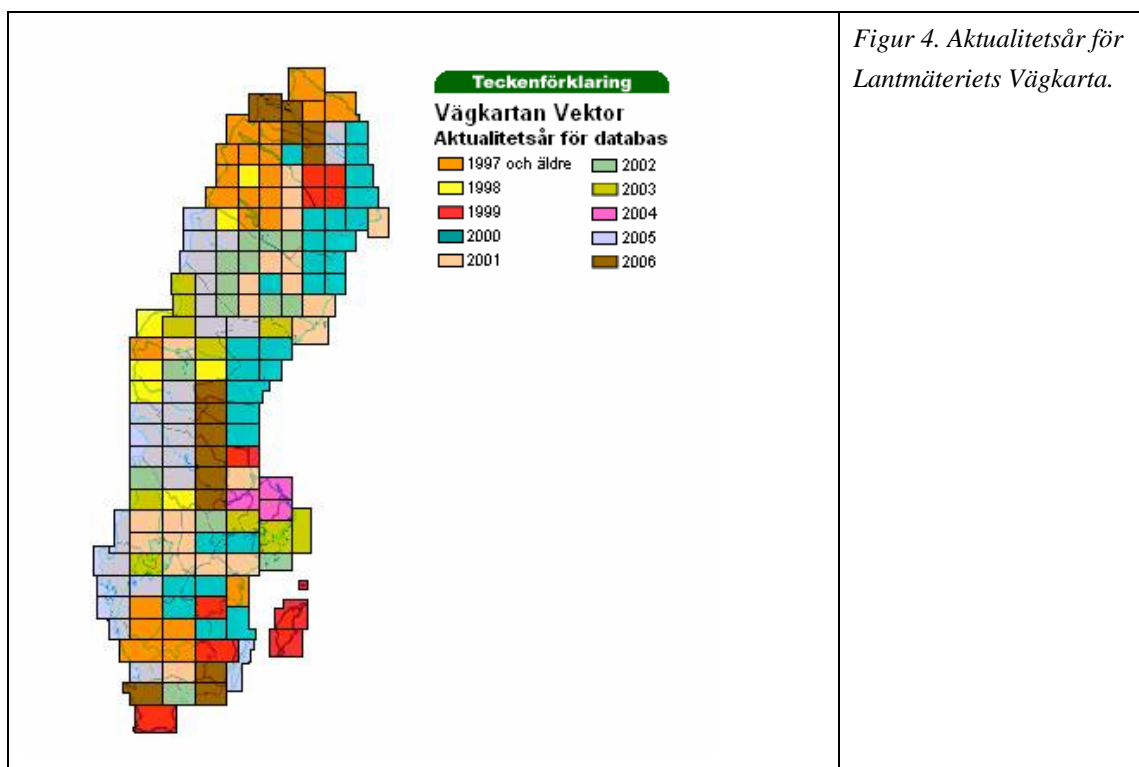
- Med tätort avses sammanhängande bebyggelse med normalt högst 200 m mellan husen, och med minst 200 invånare. Den första tätortsavgränsningen på kartor i Sverige avser förhållandena 1960. Därefter har avgränsningar skett i stort sett vart femte år.
- Med småort avses hussamlingar med högst 150 m mellan husen och med ett invånarantal på mellan 50 och 199 personer. Småortsavgränsningar har gjorts för 1990, 1995 och 2000. Med fritidshusområde avses hussamling utanför tätort med minst 50 fritidshus där avståndet mellan husen är högst 150 meter.
- Med arbetsplatsområden avses hussamling med högst 300 m mellan husen och där det finns minst 50 anställda.

### **Svenska Marktäckedata (SMD)**

Lantmäteriets Svenska Marktäckedata är en rikstäckande, homogen databas med ett 60-tal klasser som är skapad bland annat utifrån klassning och tolkning av satellitbilder. Minsta karteringsenhet är 1-25 hektar, beroende på klass. Klassindelningen är utförd för att svara mot de behov som funnits inom planering och miljöövervakning och är tänkt att ge information om markanvändning, markslag och vegetation.

### **Väggkartan**

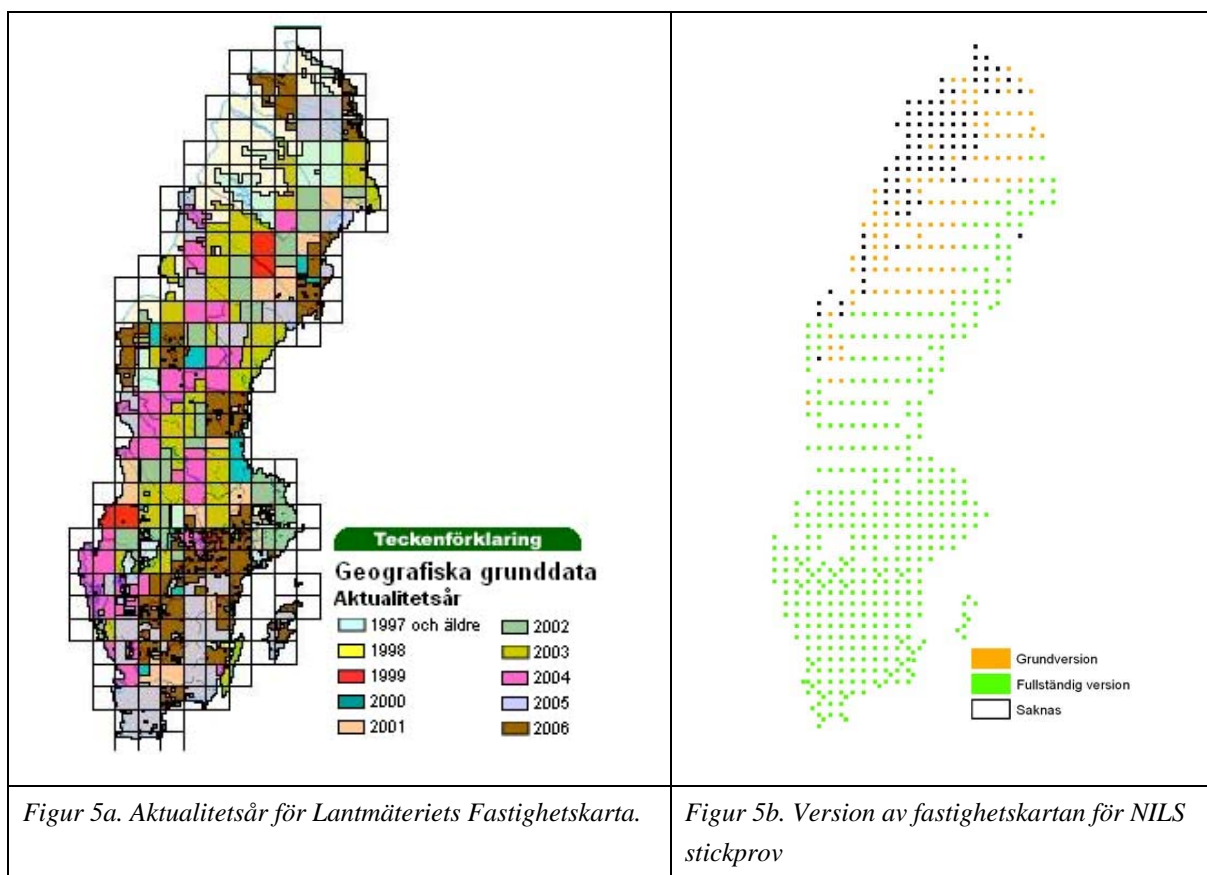
Lantmäteriets Vägkartan i vektorformat, skala 1:100 000, finns för hela Sverige. Figur 4 visar aktualitetsår



Figur 4. Aktualitetsår för Lantmäteriets Vägkarta.

### Fastighetskartan

Lantmäteriets Fastighetskarta i vektorformat, skala 1:10 000, finns för hela Sverige förutom fjällen (Figur 5a-b). För NILS stickprov innebär detta att det finns 448 rutor den fullständiga versionen av fastighetskartan, 108 rutor med grundversionen och 85 rutor saknar fastighetskarta (Figur 5b).



Figur 5a. Aktualitetsår för Lantmäteriets Fastighetskarta.

Figur 5b. Version av fastighetskartan för NILS stickprov

Fastighetskartan finns i ett antal versioner där olika kartblad har olika aktualitetsår (Figur 5a). Fastighetskartan finns också i två versioner; grundversion och fullständig version. På några års sikt kommer grundversionen att ersättas av den fullständiga.

Grundversion avviker från GGD fullständig version genom att markredovisningen är förenklad. Skogsmark, annan öppen mark och glaciär särredovisas ej. Sankmarker indelas i normal sankmark och svårframkomlig sankmark. Renstängsel ingår ej (Allmän beskrivning: GGD. 2005).

I GGD grundversionen ingår endast följande markslag:

- Vatten
- Bebyggelseområde
- Odlad mark
- Övrig mark (här ingår övriga markslag som ej klassificerats).

I den fullständiga versionen av GGD ingår dessutom:

- Sankmark, detaljerad.

### **3 METODER**

#### **3.1 Genomgång av behovsanalys**

Användarnas behov spelar en central roll för det förslag på tolkningsmetodik som föreslås för landskapsrutan. För att sätta användarnas behov i relation till förslag på tolkning av landskapsrutan utförs en genomgång av den behovsanalys som ligger till grund för NILS-programmet (Esseen et al. 2004) samt en genomgång av den sammanställning av nuläget inom NILS som tagits fram av Ola Inghe på Naturvårdsverket (Inghe. 2006).

Den referensgrupp som tillsatts för projektet nyttjas för att undersöka om de tidigare angivna behoven är relevanta eller om det tillkommit nya behov.

#### **3.2 Manuell flygbildstolkning**

För att utföra manuella tolkningstester för landskapsrutan krävs en förenklad tolkningshandledning. Tolkningen kommer att utföras med IRF-bilder i det digitala stereotolkningssystemet DAT/EM Summit Evolution.

Ytavgränsningen vid manuell tolkning av landskapsrutan ska ske på liknande sätt som för kilometerrutan men med en annan minsta karteringsenhet och med en högre generaliseringsnivå.

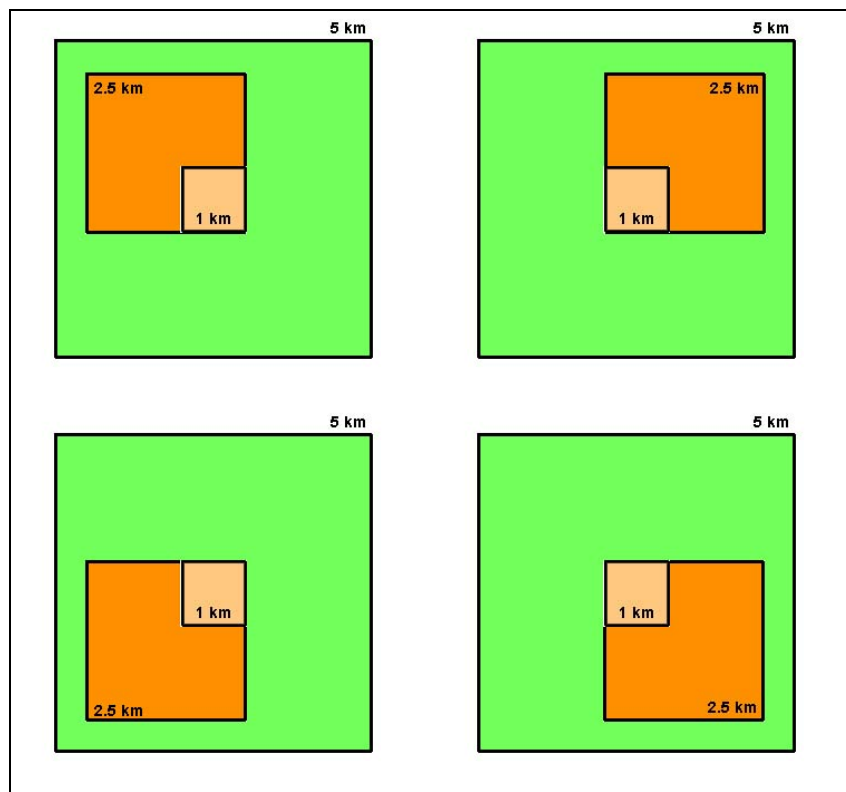
Handboken för tolkning av ytoobjekten i landskapsrutan kommer i största möjliga mån samordnas definitionerna kilometerrutan vilket ger samordningsvinster vad gäller analyser. Antalet variabler blir dock begränsat där urvalet av variabler baseras på användarnas behov.

Eftersom tidsåtgången för den manuella tolkningen är en kritisk faktor utreds vilka befintliga GIS-data som kan användas direkt, eller som stöd, för ytavgränsning och variabeltolkning.

Data som utvärderats som stöd för manuell tolkning är:

- kNN-Sverige
- SJV:s blockdatabas
- VMI (Våtmarksinventeringen)
- SCB:s skikt för tätorter, småorter, fritidshusområden och arbetsplatsområden
- Lantmäteriets Svenska marktäckedata (SMD)
- Lantmäteriets Vägkarta i vektorformat
- Lantmäteriets Fastighetskarta i vektorformat

För att fånga upp de olika marktäcketyperna; skog, odlingsmark, våtmark, urban miljö, kust och stränder samt fjäll så måste tolkningen ske i flera olika NILS-rutor. Tolkningen utförs i 2,5x2,5 km delrutor, inom vilka den tolkade 1x1 km rutan ingår (Figur 6). Tolkningen utförs i hela delrutan och resultaten kan vid behov jämföras med tolkningen i kilometerrutan. Hörnet som delrutan hamnar i bestäms av landskapstyperna inom rutan. Genom att tolkas flera rutor ska det vara möjligt att skatta tidsåtgången för kartering av en hel landskapsruta.



Figur 6. Möjlig fördelning av delrutor inom landskapsrutan

### 3.3 Semiautomatisk tolkning

Förutom manuell tolkning så utförs också tester med semiautomatiska metoder som bildsegmentering. Testerna utförs båda på IRF-ortofoton och satellitbilder.

Exempel på segmenteringsprogram är Feature Analyst (Virtual Learning System), eCognition (Definiens Imaging GmbH), Dianthus Raster Segmentering (Dianthus AB) och Skogis applikation för T-kvots segmentering (SLU, Umeå).

Den semiautomatiska tolkningen i detta projekt utgår från tester med VLS:s programvara Feature Analyst och tester med programvaran Dianthus Raster Segmentering (Dianthus AB).

Programvaran Dianthus Raster Segmentering bygger på samma bas som Skogis applikation för T-kvots segmentering men har vidareutvecklats och inkluderar även texturmått som indata vid segmenteringsprocessen.

Programvaran eCognition har inte testats på grund av det inte funnits någon tillgänglig operatör. Dianthus Raster Segmentering och eCognition bygger dock på liknande koncept varför testerna med Dianthus Raster Segmentering har bedömts vara tillräckliga för studierna i detta projekt.

#### 3.3.1 Feature Analyst™ för ArcMap

Feature Analyst (VLS) och erbjuder möjligheter att bygga upp hierarkiska klassificeringsprocesser med självlärande möjligheter. Programmet är främst utvecklat för olika typer av objektsigenkänning men erbjuder också möjligheter för markslagskarteringar.

Feature Analyst erbjuder följande möjligheter:

- Total integration med t.ex. ArcMap
- Maskinbaserade inlärningsalgoritmer för att klassificera objektspecifika geografiska element definierade av operatören
- Hierarkiska inlärningsmetoder för att iterativt förbättra klassificeringen
- Möjlighet att använda rumsliga sammanhang för att extrahera objekt
- Användarvänligt gränssnitt
- Möjlighet skapa egna bibliotek
- Möjlighet att utföra förändringsstudier
- Möjlighet att skapa 3-D objekt
- Möjlighet att utföra oövervakad klassificering
- Möjlighet att utföra en serie segmenteringar/klassificeringar samtidigt

#### 3.3.2 Dianthus Raster Segmentering

Programvaran Dianthus Raster Segmentering har utvecklats av Dianthus AB i Boden och är främst ämnad för förhandsindelning av skog till homogena beståndslika områden. Genom dess inställningsmöjligheter kan dock programvaran användas för andra ändamål.

Programvaran bygger på Dianthus egenutvecklade rutiner för segmentering. Delstegen i Dianthus Raster Segmentering kan sammanfattas enligt följande:



- Inläsning av bilddata och extraktion av två pixelvisa texturmått, som bygger på frekvensanalys av bilddata. Texturmåtten läggs till som två extraband till övriga spektrala band.
- Försegmentering med avseende på spektral kantinformation i bilden.
- Sammanslagning av de små segment som skapats i föregående steg med avseende på statistisk likhet mellan grannsegment. Likhetsmåttet bygger både på texturell och spektral bildinformation.
- Sammanslagning av småsegment stoppas när något av stoppkriterierna uppfylls, exempelvis när önskad medelsegmentstorlek uppnåts.
- Sista steget anpassar gränslinjerna mellan segmenten till originalbilddata för att ge naturliga gränser.
- Resultatet från segmenteringen är ett linjeskikt och ett topologiskt korrekt polygonskikt över de homogena segmenten. Polygonskiktet kan redigeras genom klyvningar och sammanläggningar av segment. Vidare sparas texturell och spektral statistik för respektive segment i tillhörande attributtabell. Dessa data kan i efterhand användas för ostyrd klustering eller styrd Bayesiansk klassning de olika segmenten.

### 3.4 Utredning av möjligheter med laserscannade data

I projektet ingår att utreda hur nya tekniska lösningar kan bidra till att underlätta ytavgränsningar och tolkning av variabler. De möjligheter som utreds utgår framförallt från laserscannade data.

## 4 RESULTAT

### 4.1 Behovsanalys

#### 4.1.1 Behov utpekade i tidiga analyser inför designen av NILS

I tidiga studier inom Stickprovsviss landskapsövervakning (SLÖ), föregångare till NILS, pekades följande typer ut som särskilt intressanta för landskapsrutan:

- Hävdad gräsmark
- Odikad våtmark
- Grönytor i bebyggd miljö
- Hårdgjord mark i bebyggd miljö
- Ädellövskog
- Äldre skog
- Sumpskog
- Barmarksfläckar i fjällen

För kategorierna **Ytobjekt**, **Linjeobjekt** och **Punktobjekt** pekades följande typer ut:

- **Ytobjekt**  
Marktäcke (30-50 klasser)  
Vattensamlingar, mägergravar ( $\geq 0,1$  ha)  
Naturskog, gammal skog  
Ädellövskog

- **Linjeobjekt (bredd  $\leq 10$  m längd  $\geq 30$  m)**  
Skogsbilväg  
Allmän/enskild väg  
Järnväg  
Trädrad, allé  
Vattendrag  
Kraftledningsgata  
Modifierad strandlinje
- **Punktobjekt (minst 5 x 5 m (0,0025 ha), maximalt 30 x 30 m (0,1 ha))**  
Ängslador  
Bryggor  
Vindkraftverk  
Större master etc.  
Barmarksfläckar i fjällen  
Träddungar och enstaka träd

#### **4.1.2 Primära behov och nya behov utifrån diskussioner med avnämare**

I Bilaga 6 redovisas en sammanställning av behov som utpekats i Arb. rapport 132 ”*Analys av informationsbehovet för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS)*” (Essen et al. 2004). Sammanställningen gäller typer som kan vara aktuella för tolkning av landskapsrutan.

Utifrån informationsanalysen utförde Ola Inghe på Naturvårdsverket under 2006 en jämförelse mellan dagens NILS och kravtabellerna i (Esseen et al. 2004) med tentativa slutsatser för hur gå vidare i nästa omdrev (Inghe. 2006). Sammanställningen av det som är aktuellt för landskapsrutan redovisas i Bilaga 6 under respektive landskapstyp med kommentarer.

Utifrån diskussioner med avnämare främst från SJV, RAÄ, NVV, SLU och länsstyrelserna i fjällänen så har de behov med högsta prioritet som redovisats i Tabell 2-6 konfirmerats. Under diskussionerna så har också ett antal äldre behov omformulerats och ett fåtal nya behov framförts.

#### **Sammanfattning av behov som påtalats vid referensgruppsmötet**

- Att fånga upp åkermark och öppen gräsmark som inte ingår i SJV:s blockdatabas.
- Viktigt att byggnader utesluts i åkermark.
- Att följa igenväxning i odlingslandskapet
- Att fånga upp historisk markanvändning och kontinuiteten i jordbrukslandskapet, skogslandskapet etc.
- Att fånga småbiotoper och kulturbärande landskapselement
- Att fånga små våtmarker och småvatten i odlingslandskapet
- Att utföra en grov naturtypsklassning för markanvändningsmönster och igenväxningstrender
- Att skilja vass och flytblandsvegetation från öppet vatten
- Att skilja ut lövskog från barrskog i Norrland

- Att skilja ädellövskog i södra Sverige
- Att skilja gammal skog och gammal naturskogsartad skog
- Att skilja ut hyggen
- Att följa skog runt linjeelement
- För våtmarker räcker en indelning i kärr, mosse och blandmyr för översiktlig kartering
- För den urbana miljön är det lämpligt att utgå från SCB:s definitioner för tätort, småort, fritidshusområde och arbetsplatsområde.
- Mindre bebyggelse utanför tätort, småort bör också skiljas ut, speciellt i odlingslandskapet
- Rekreationsområden bör följas men behoven och definitionerna behöver utredas närmare
- Hårdgjorda ytor i urban miljö är mycket aktuellt att följa men behöver utredas närmare
- Jordartsinformation vore önskvärd
- Att följa trädgränsens läge i fjällen
- Att följa igenväxning i fjällen

#### 4.1.3 Summering av behovsanalysen

Denna summering av behov ligger till grund för det förslag som presenteras för tolkning av landskapsrutan. I Tabell 7 presenteras det som vid genomgången har lyfts fram som mest angeläget för respektive naturtyp.

Tabell 7. Information som är prioriterad att ta fram inom landskapsrutan.

Naturtyp	Information
Alla landskapstyper	Kunna följa utvecklingen av landskapets sammansättning och struktur. För dessa landskapsanalyser ska vara möjliga krävs information om: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av marktäcketyper</li> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av markanvändning</li> <li>• Längd, form och rumslig fördelning samt mönster av vägar</li> <li>• Längd, form och rumslig fördelning samt mönster av vattendrag</li> </ul>
Jordbrukslandskapet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av åkermark</li> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning övrig öppen gräsmark, ej åker</li> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av betesmarker, ej åker</li> <li>• Kontinuitet i markanvändning</li> <li>• Igenväxning/Röjning</li> <li>• Längd av kantzoner mellan öppen mark och skog</li> <li>• Antal och fördelning av småvatten, våtmarker</li> <li>• Åkerholmar</li> </ul>
Bebyggd miljö	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Areal och fördelning av bebyggd mark av olika typer</li> <li>• Areal och fördelning av grönytor</li> <li>• Hårdgjorda ytor/Soil sealing"</li> <li>• Rekreationsområden</li> <li>• Tidsmässiga förändringar</li> </ul>

<b>Våtmarker</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av våtmarker</li> <li>• Förändring i våtmarksareal</li> <li>• Igenväxning av våtmarker</li> <li>• Förekomst av odikade våtmarker</li> <li>• Vägar över våtmarker</li> </ul>
<b>Skogslandskapet</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av äldre skog (uppdelat på barr/löv)</li> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av ädellövskog</li> <li>• Fragmenteringsgrad och konnektivitet</li> <li>• Skoglig kontinuitet/Förändringar i fragmenteringsgrad över tid</li> <li>• Bryn och övergångszoner (kantzoner)</li> <li>• Föryngringsytor</li> </ul>
<b>Fjällen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning olika typer av naturtyper i fjällen</li> <li>• Igenväxning/förbuskning</li> <li>• Storlek, form och rumslig fördelning av videbuskmark</li> <li>• Utbredning av barmarksfläckar</li> <li>• Trädgräns och skogsgränsförflyttning</li> </ul>

## 4.2 Metodtester - manuell tolkning

### 4.2.1 Tolkningshandledning

För att utföra en förenklad manuell tolkning av landskapsrutan krävs en tolkningshandledning. Förslaget på den manuella tolkningen baseras på samma principer som för tolkningen av NILS kilometerruta och delas upp i två moment; polygonavgränsning och tolkning av ytelement. Reglerna för polygonavgränsning har förenklats jämfört med kilometerrutan för att möjliggöra en högre generaliseringsnivå. Antalet variabler som ska tolkas för ytelementen har också begränsats. De variabler som kvarstår har bedömts vara viktiga för att kunna svara mot det behov som framhållits av användarna. De variabler som tolkats vid testerna för landskapsrutan redovisas i Bilaga 1.

I regel är definitionerna av variablerna desamma som inom kilometerrutan (Allard *et al.* 2003). Täckningsgradsbedömningar utförs dock i procentklasser istället för till enstaka procent (se, Bilaga 1) och markanvändning med mera har kortats ner och förenklats jämfört med kilometerrutan. Variabeln ”Utvecklingsgrad i skog” har tillkommit i en ansats att utföra en översiktlig bedömning av trädbeståndens ålder (Tabell 8). Utvecklingsgraden i skog bedöms, utifrån användarnas behov, vara mer relevant än en bedömning av trädhöjd vid en förenklad flygbildstolkning.

Variabeln ”Utvecklingsgrad i skog” är utarbetad för att i största möjliga mån överensstämma med traditionella begrepp inom skogsbruket och Riksskogstaxeringens huggningsklasser.

Tabell 8. Förslag på variabel "Utvecklingsgrad i skog".

Namn	Beskrivning
<b>Ungskog, hygge</b>	Utvecklingsfas 1: Ungskog, hygge <i>Motsvarar ungefär Hygge/Plantskog/Ung röjningsskog med en generell trädhöjd på &lt; 3 m</i>
<b>Tillväxtskog/Medelålders skog</b>	Utvecklingsfas 2: Tillväxtskog <i>Motsvarar ungefär medelålders skog, gallringsskog med en generell trädhöjd på 3-14 m. Medelålders skog i produktiva miljöer framförallt i Södra Sverige kan dock vara högre än 14 m.</i>
<b>Fullväxt skog – Mogen</b>	Utvecklingsfas 3a: Fullväxt skog, Mogen, på produktiv mark <i>Motsvarar ungefär mogen skog, slutavverkningsskog med en generell trädhöjd på &gt; 14 m</i>
<b>Fullväxt skog – Lågproduktiv</b>	Utvecklingsfas 3b: Fullväxt skog. På lågproduktiv mark <i>Motsvarar ungefär lågproduktiv skog (impediment, fjällskog med mera). Trädhöjden kan här tillåtas vara &lt; 14 m</i>
<b>Fullväxt skog - Naturskogsartad</b>	Utvecklingsfas 3c. Fullväxt skog, naturskogsartad <i>Motsvarar ungefär opåverkad gammal skog med höga naturvärden med grundkriteriet att skogen är fullväxt. Även här kan trädhöjden tillåtas understiga 14 m. För att säkerställa karteringen av denna skogstyp krävs historiska flygbilder och eventuellt även historiska kartor.</i> <i>Naturskogsartad skog prioriteras över indelningarna Mogen och Lågproduktiv varför inga konflikter mellan dessa klasser uppstår.</i>

Vid den manuella tolkningen används befintliga GIS-data från Lantmäteriet (Fastighetskartan) och SCB direkt eller som stöd vid den manuella ytavgränsningen. Nyttan av att använda Jordbruksverkets blockdatabas, ängs- och betesobjekt, Våtmarkinventeringen (VMI), Svenska marktäckedata (SMD) och kNN utreds också. Fastighetskartan finns tillgänglig över nästan hela Sverige förutom i fjällen (se Figur 5 sid 17) vilket gör att den kan utgöra ett stöd för de flesta NILS-rutor förutom fjällrutorna. De skikt som använts från fastighetskartan redovisas i Bilaga 4. Samma princip som inom Natura 2000 har använts, det vill säga att gränserna editeras om enskilda lägesfel överstiger 30 m (Naturvårdsverket, 2007). Vid testtolkningen behålls små objekt från fastighetskartan även om de understiger minsta karteringsenhet. För att slå samman objekt krävs regler och definitioner för att möjliggöra en enhetlig sammanslagning, vilket inte utretts inom detta projekt.

## 4.2.2 Minsta karteringsenhet

Vid vegetationskartläggning är det vanligt att ange en minsta karteringsenhet. För fastighetskartan har det varit svårt att fastslå om några regler för minsta karteringsenhet har tillämpats eftersom även mycket små ytor har avgränsats i vissa områden, t.ex. inom åkermark.

Utifrån de synpunkter som framkommit från avnämarna är det tydligt att minsta karteringsenhet kan behöva variera för att tillgodose specifika behov. Tolkningen av landskapsrutan bör allmänt stödja sig på större minsta karteringsenhet än kilometerrutan. För typer som är vanligt förekommande i NILS stickprov (5x5 km) och det inte finnas andra speciella behov eller skäl föreslås den minsta karteringsenheten vara 1 ha. För typer som är

mindre vanliga som t.ex. stränder och urbana miljöer där det finns speciella behov föreslås den minsta karteringsenheten minskas till 0,25 ha med minimibredd 10-15 m vilket harmoniserar med Natura 2000 basinventeringens flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007) eller till 0,05 ha för överrensstämma med tolkningen inom ordinarie NILS (Allard et al. 2003).

Den tolkning av linje- och punktojekt som sker inom kilometerrutan är inte aktuell att utföra inom landskapsrutan. Linje och punktojekt som inte fångas med stöd från befintliga GIS-data eller på annat sätt går att extrahera ur polygontolkningen (exempelvis kantzoner) kommer där behovet är stort föreslås ske på uppdrag.

### **Basnivå och tilläggsnivå**

Det förslag på minsta karteringsenhet för olika markslag som ingår i tolkningshandboken för tolkning av landskapsrutan baserar sig på att tolkningen kan delas upp i en **Basnivå** och en **Tilläggsnivå**. På **Basnivå** föreslås den minsta karteringsenheten oftast bli 1 ha vilket kommer att ge ett resultat med högre generaliseringsgrad. På **Tilläggsnivå** föreslås därför att minsta karteringsenheten minskas för att tillåta en högre detaljnivå för utpekade behovstyper. De tolkningstester som utförts har utgått från tilläggsnivån.

Förslag på minsta karteringsenheter utifrån användarbehov:

- **Lövskog:** Lövskog är prioriterat enligt många avnämare. På **Basnivå** föreslås 1 ha. På **Tilläggsnivå** föreslås dock att minsta karteringsenhet minskas till 0,5 ha för lövsumpskogar, vilket överrensstämmer med de definitioner som finns inom Natura 2000 basinventeringens flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007).
- **Ädellövskog:** Ädellövskog är mycket prioriterat enligt många avnämare. På **Basnivå** och **Tilläggsnivå** föreslås därför att minsta karteringsenhet blir 0,5 ha, vilket överrensstämmer med principerna inom Natura 2000 basinventeringens flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007).
- **Hyggen:** Hyggen utgör en betydande påverkan på landskapsbilden som efterfrågas indirekt av avnämarna genom önskemålen att studera fragmentering och konnektivitet i landskapet. En lämplig minsta karteringsenhet kan vara densamma som för SVS:s avverkningsanmälningar (0,5 ha). Eftersom det förekommer gott om hyggen i Sverige så kommer detta att innebära att det är många hyggen som ska karteras vid den första inventeringen. Vid nästa omdrev är det endast nyupptagna hyggen som behöver karteras varför tidsåtgången då minskas. Genom ett samarbete med SVS skulle årliga data på avverkningsanmälningar och färdiga hyggesskikt kunna erhållas. För närvarande pågår diskussioner om skogsfakulteten kan inleda ett sådant samarbete med SVS. På **Basnivå** och **Tilläggsnivå** föreslås därför att minsta karteringsenhet utgörs av 0.5 ha.
- **Sumpskogar:** Sumpskogar och trädtäckta myrar pekas också ut av avnämare som intressanta. På **Basnivå:** föreslås minsta karteringsenhet bli 1 ha och på **Tilläggsnivå** 0,5 ha
- **Skogsmark övrig** För övrig skogsmark föreslås 1 ha som minsta karteringsenhet på både **Basnivå** och **Tilläggsnivå**.

## Våtmark

- **Våtmark:** Liksom för skog föreslås 1 ha vara en lämplig generell enhet för våtmarker. Detta bör då gälla för alla våtmarker förutom små våtmarker i odlingslandskapet, där det finns speciella behov. En sammanställning åt Jordbruksverket 2006 med uppdraget att följa småbiotoper i åkermark visar att NILS 1x1 km ruta för år 2003 endast innehöll 11 st småvåtmarker (polygoner 0,05-1 ha) och det saknades småvatten för 2003 inom eller i anslutning till åker (Glimskär et al. 2006). Detta kan betyda att stickprovet är något litet i 1x1 km rutan varför det kan vara berättigat att kartera även dessa i 5\*5 km rutan. År 2003 ingick endast en lite andel odlingslandskap varför siffrorna blir något missvisande. På Basnivå för små våtmarker och småvatten inom åkermark föreslås minsta karteringsenhet 0,25 ha, vilket överrensstämmer med kriterierna inom Natura 2000 basinventeringens flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007). Många av dessa är redan våtmarker finns karterade i fastighetskartan, där minsta karteringsenhet kan variera. Kartering av små våtmarker och småvatten som punktelement föreslås endast ske på uppdrag.

## Kust och stränder

- **Kust och stränder:** För kust och stränder finns ett stort behov hos avnämare. På Basnivå och *Tilläggsnivå* föreslås därför att stränder använder samma minsta karteringsenhet som Natura2000 basinventeringens flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007), dvs. 0,25 och med minsta bredd 10 m bred.

## Urban miljö/Exploaterad mark

Hos avnämarna finns det framförallt i tätorter specifika behov att titta på grönsystemer och rekreation. Inom NILS stickprov finns 0,37 % tätorter vilket utgör en relativt liten andel varför specifika insatser inte behöver bli särskilt tidskrävande. En del av dessa data finns tillgängliga från fastighetskartan.

- **Grönsystemer:** På Basnivå föreslås att mindre grönsystemer i tätort karteras ned till 0,25 ha en bredd på 15 m, vilket överrensstämmer med de generella kriterierna inom Natura 2000 basinventeringens flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007). Som storleksreferens kan nämnas att en fotbollsplan vanligen är 68 x 105 m vilket motsvarar ca 0,7 hektar. Kartering av grönsystemer kan dock komma att kräva ett visst förtydligande av definitionerna. På *Tilläggsnivå* föreslås att tätorterna karteras enligt vanlig NILS-metodik men med färre variabler.
- **Bebyggelse utanför tätort:** Jordbruksverket har starkt framhållit att de inte vill ha med någon form av bebyggelse inom jordbruksmark. Därför föreslås att byggnadsskiktet från fastighetskartan med en lite buffertzon används för att ta bort byggnader utanför tätort och småort ur landskapskarteringen. Tomtmarker > 1ha karteras på förslag som en egen yta.

## Jordbruksmark

- **Jordbruksmark:** Inom odlingslandskapet har avnämare pekat på stora behov att följa den öppna marken som inte är åkermark och att kunna följa småbiotoper/kulturbärande landskapselement. Man är också mycket intresserad av den ibland trädbevuxna eller igenväxande zonen mellan åkermarken och skogen och det är därför viktigt att kunna skilja delvis öppen men trädbärande mark från skog.

Högst prioritet har skogsbete. På Basnivå och *Tilläggsnivå* föreslås att alla åkrar karteras oavsett yttorlek (precis som i fastighetskartan). Vidare föreslås att åkerholmar, stensamlingar, småvatten och småvåtmarker karteras till 0,25 ha, vilket överensstämmer med kriterierna inom Natura 2000 basinventeringens flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007).

## Fjällen

- **Fjällen:** De behov som avnämarna pekar ut som störst i fjällen är att titta på barmarksfläckar (eg. markslitage) och igenväxning. Det sistnämnda gäller både trädgränsen och förbuskning. Förutom direkta spår av markslitage som terrängkörning, vilket kan karteras med hjälp av linjekartering (Allard et al. 2004), är det svårt att med denna översiktliga metod kartera markslitage. I landskapsrutan är endast grova mått möjliga vilka inte fångar upp mindre förändringar. Det finns en utarbetad metod för kartering av markslitage (Allard 2003), men den kräver ett annat angreppssätt, med en undersökning via satellitbilder och djupare inventering på de "hot spots" som framkommer ur en sådan undersökning och skiljer sig från den metodik som föreslås i denna rapport. Eventuellt är en modifierad variant av punktgittermetodiken mer lämplig för undersökning av detta. Sett till hela NILS stickprov är andelen fjäll lågt vilket kan motivera speciella tolkningsinsatser i fjällen. På Basnivå föreslås minsta karteringsenhet vara 1 ha och på *Tilläggsnivå* 0,25 ha. Kriterierna för avgränsning bör då förenklas. Kartering av körspår etc. kan ske på uppdrag.

### 4.2.3 Tidsåtgång

Ytavgränsningen sker genom kartering (digitalisering) av gränser mellan homogena områden i flygbilden. Dessa ombildas sedan till ytojekt för vilka variablerna tolkas. Vid ytavgränsning fångas ca 90 % av alla ytor. Vid tolkningen sker oftast en ytterligare finindelning som fångar upp de sista 10 % av ytorna. Ytavgränsningen har skett med stöd av Lantmäteriets fastighetskarta. Tolkningen har främst varit manuell med visst stöd har också erhållits från SCB:s skikt för tätorter, småorter, fritidshusområden och arbetsplatsområden samt Jordbruksverkets blockdatabas och ängs- och betesobjekt.

Tidsåtgången redovisas i Tabell 9 och den beräknande kostnaden i Tabell 10 för Ytavgränsning och tolkning i en 2.5x2.5 km stor yta, dvs. en fjärdedels landskapsruta. Den tolkning som utförts för tester av tidsåtgång har baserats på den *Tilläggsnivå* som föreslagits under diskussionerna runt minsta karteringsenhet, sid 25. Tidsåtgången har beräknats utifrån effektiv tolkningstid och har inte inkluderat raster, luncher och dylikt. Urvalet av rutor har skett för att fånga så många landskapstyper som möjligt, vilket gör att utsnittet inte är helt representativa för hela NILS stickprov.

**Ruta 1:** Ruta 1 består till största delen av kalfjäll, myr och fjällskog.

**Ruta 2:** Ruta 2 består av tätort, kust, skog, åker och öppen mark

**Ruta 3:** Ruta 3 domineras av våtmark, barrskog och blandskog (se, Figur 7a-c).

**Ruta 4:** Ruta 4 består av åker, skog, öppen mark och bebyggd mark (se, Figur 8a-d).



Tabell 9. Redovisning av tidsåtgång för ytavgränsning och tolkning av ytbjekt inom utsnitt på 2.5 x 2.5 km. Resultaten har summerats med en faktor fyra för att approximativt motsvara tolkningen av landskapsrutan (5x5 km). Observera att tolkningstiden är baserad på tolkning enligt den föreslagna tilläggsnivån.

Ruta	Manuell tolkning 2.5x2.5xkm		GIS-stödd tolkning 2.5x2.5xkm		Summering 5*5 km
	Ytavgränsning	Tolkning	Ytavgränsning	Tolkning	
1	6,7 tim	-	-	-	27 tim endast för ytavgränsning
2	-	-	2-(3) tim	17-18 tim	76-80 tim
3	-	-	2-(3) tim	13-14 tim	60-66 tim
4	-	-	2-(3) tim	9-10 tim	44-50 tim

Redovisningen av tidsåtgången (Tabell 9) och kostnaderna som (Tabell 10) bygger på tester utförda på mindre utsnitt (2.5x2.5 km) och bör endast se ses som en fingervisning på den totala kostnadsbilden per landskapsruta. Studien av tidsåtgång för mindre utsnitt håller dock inte för en uppskalning till hela NILS stickprov. Vid fullskaliga produktionstillämpning kan man dock förvänta sig en effektivitetsförbättring vilket lär sänka produktionskostnaderna.

Antal avgränsade polygoner per 2.5 x 2.5 km utsnitt:

- **Ruta 1:** 213 polygoner
- **Ruta 2:** 201 polygoner
- **Ruta 3:** 273 polygoner
- **Ruta 4:** 318 polygoner

I fjällen saknades Lantmäteriets fastighetskarta varför ytavgränsningen skedde helt manuellt, där Ruta 1 tog ca 3 gånger så lång tid som de övriga rutorna. Framst beror detta på den småskaliga mosaik av naturtyper som kan förekomma i fjällregionerna vilket gör att det är många beslut som måste fattas för att avgöra hur generaliseringar av landskapet ska utföras.

Vid tolkningen för Ruta 2 ingick översiktlig bedömning i klasser av beståndens medelhöjd. Ruta 2 har den enskilt längsta tolkningstiden (17-18 timmar för 2,5x2,5 km) vilket delvis kan bero på att den var den första ruta som tolkades, vilket medförde att tolkaren under tiden fick kalibrera sig till den nya tolkningshandboken.

Tabell 10. Beräknad kostnad för ytavgränsning och tolkning av ytbjekt inom utsnitt på 2.5 x 2.5 km. Observera att tolkningstiden är baserad på tolkning enligt den föreslagna tilläggsnivån.

Ruta	Ytavgränsning 2.5x2.5 km	Kostnad ytavgränsning <sup>1</sup>	Tolkning 2.5x2.5 km	Kostnad Tolkning <sup>2</sup>	Summering över 5x5 km (Ytavgränsning + Tolkning)	Medel- kostnad 5x5 km**	Medelkostnad nedräknad med 10% <sup>3</sup>
1	6-7 tim	4020 – 4200 kr			24-28 tim <sup>4</sup>	16080- 16800 kr <sup>4</sup>	
2	2 (-3) tim	1200-1800 kr	17-18 tim	10200- 10800 kr	76-84 tim	45600- 50400 kr	43 200 kr
3	2 (-3) tim	1200-1800 kr	13-14 tim	7800- 8400 kr	60-68 tim	36000- 40800 kr	34 560 kr
4	2 (-3) tim	1200-1800 kr	9-10 tim	5400- 6000 kr	11-13 tim	26400- 31200 kr	25 920 kr

<sup>1</sup> Kostnaden har beräknats utifrån en timkostnad på 600 kr/tim

<sup>2</sup> medelkostnaden för landskapsrutan baseras på en uppräknig av tidsåtgången för tolkning av 2.5x2.5 km utsnitt.

<sup>3</sup> medelkostnaden för landskapsrutan har räknats ned med 10 %. Troligtvis är denna nedräkning något låg eftersom tidigare erfarenheter visar att tidsåtgången kan sänkas med 20-30 % efter det att bildtolkarna är fullständigt kalibrerade till manualen.

<sup>4</sup> Observera att kostnaden endast är beräknad utifrån ytavgränsning och ingen tolkning av ytbjekten ingår i summeringen

Tidsåtgången för tolkningen påverkas av hur många ytor som ska avgränsas och tolkas, samt av hur dessa skiljs från varandra. Vissa klasser är tydligt åtskilda medan andra uppvisar gradvisa övergångar med svåra bedömningar kring gränsdragning. Sammanställningen av antalet polygoner per utsnitt samt erfarenheter från tolkningen visar att Lantmäteriets fastighetskarta erbjuder ett stort stöd vid ytavgränsning av ruta 3 och 4, vilket minskat tolkningstiden. Den grova ytavgränsningen för 2.5x2.5 km tar i genomsnitt ca 2 timmar och med tilläggen för finavgränsningen som sker vid tolkning av ytbjekten så tar hela avgränsningen knappt 3 timmar. Detta betyder att hela landskapsrutan enligt detta förfaringsätt kan ytavgränsas på 1-1.5 arbetsdagar. Ytavgränsningen blir då relativt detaljerad och erbjuder en förfining jämfört med fastighetskartans indelning, se exempel i Figur 7a-c.

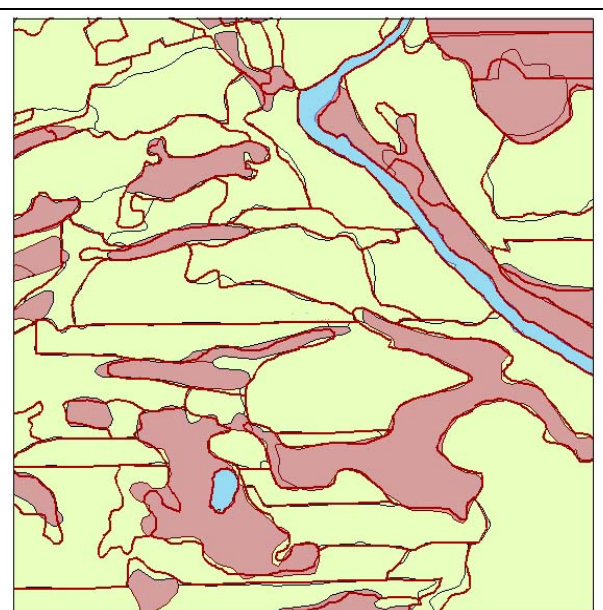
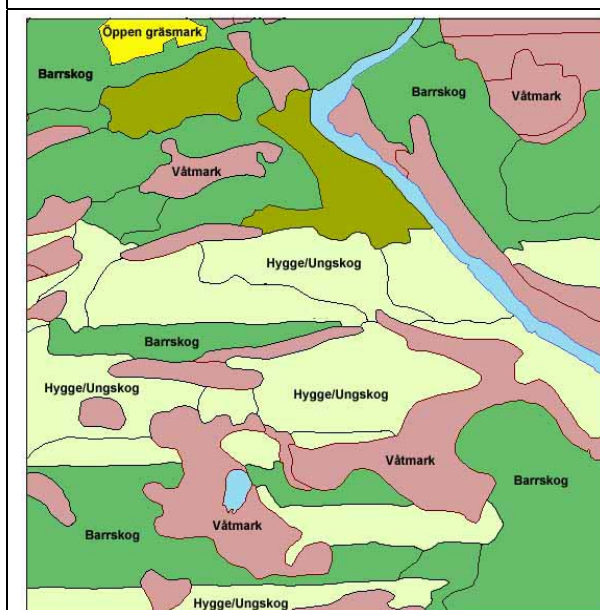
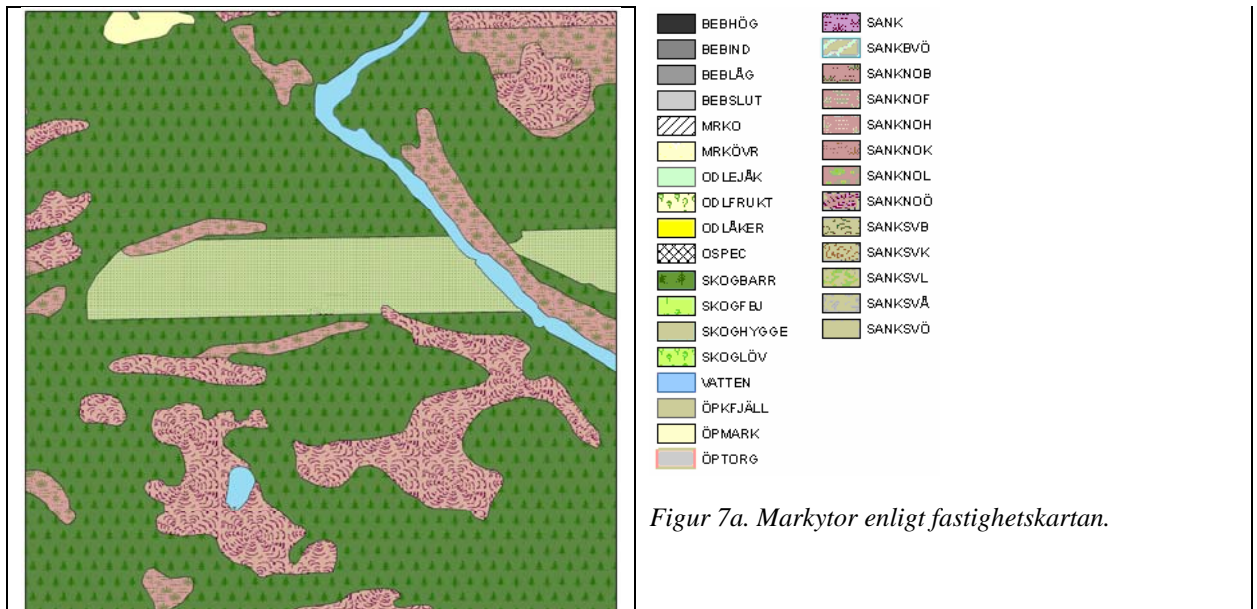
Både ytavgränsningen och tolkningen påverkas av landskapets komplexitet och hur tydliga gränserna mellan homogena områden är. Vid mer diffusa gränser tar både ytavgränsning och tolkning längre tid.

Ytavgränsningen går med eller utan stöd av GIS-data relativt snabbt jämfört med tolkningen av polygoner. Även om olika variabler är olika tidskrävande att tolka är antalet polygoner den enskilt största tidsfaktorn vid manuell tolkning.

#### 4.2.3.1 Ytavgränsning

I Figur 7a-c och Figur 8a-d redovisas exempel på skillnaderna i ytavgränsning mellan fastighetskartan, den manuella tolkningen med stöd av fastighetskartan och en helt manuell ytavgränsning.

Om NILS ska användas till statistiska beräkningar, så måste all användning av kartmasker kontrolleras eftersom kartor har olika tillkomsthistoria och kvalitet i olika landsändar och över tiden. Hos Lantmäteriet är också ajourhållning av skogsmasken är lågprioriterad och definitionerna av skogsmark skiljer sig från de definitioner som förekommer inom NILS. Alla gränser bör därför kontrolleras manuellt och editeras för att det ska förekomma en jämn nivå i tolkningen.



En del av skillnaderna mellan den manuella och GIS-stödda tolkningen kan förklaras av att det förekommer en viss personvariation mellan tolkarna.

De skillnader som förekommer kan främst sammanfattas som att den manuella avgränsningen innehåller fler ytor där det skett en vidare avgränsning utifrån de befintliga linjerna i fastighetskartan. Denna finare indelning ger efter tolkning möjlighet att indela landskapet i fler marktäcke och markanvändningstyper.

Figurerna i exemplen (Figur 7-8) är till för att illustrera skillnader i ytavgränsning och därför har ingen klassificering av de manuellt avgränsande ytorna utförts.

Slutsatser från jämförelser i Figur 7a-c (Ruta 2 från Tabell 9-10) är att gränserna från fastighetskartan i de undersökta fallen stämmer väl överrens med en generell manuell avgränsning. Lägesfelen övergår sällan 30 meter varför redigering av befintliga gränser från fastighetskartan sällan utförts. Denna gräns överrensstämmer med den gräns som användas inom Natura 2000 – basinventering flygbildstolkning (Naturvårdsverket 2007). Våtmarksskiktet från fastighetskartan förefaller dock delvis styrande även vid den manuella ytavgränsningen, speciellt i ”gränsfallssituationer” mellan olika marktyper.

Fastighetskartan i Ruta 3 (Figur 7a) innehåller 3 ytojekt med skog. Inom den manuella avgränsningen med stöd av fastighetskartan finns 30 ytojekt. 12 av dessa utgörs av barrskog, 15 av hygge/ungskog och 2 av blandskog (Figur 7b). Alla dessa rutor har registrerats med skogsbruk. 1 yta har registrerats som terrester mark, ej åker. Detaljeringsnivån jämfört med fastighetskartan blir därför betydligt högre.

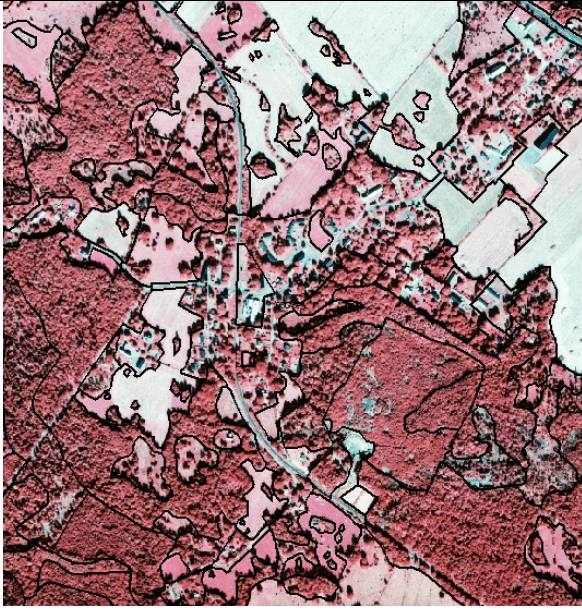
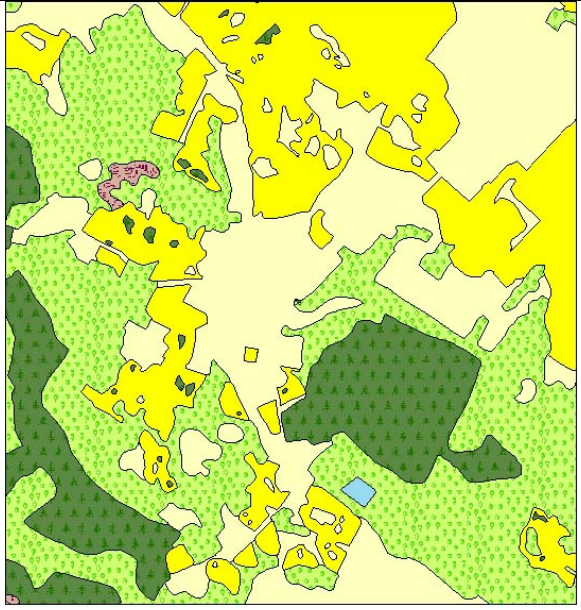
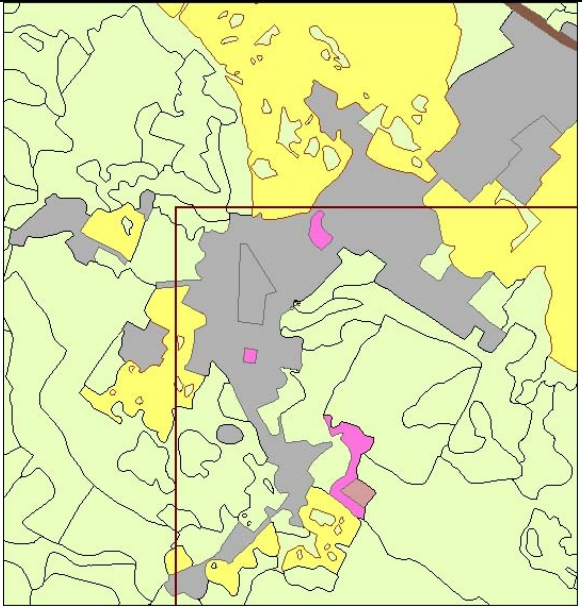
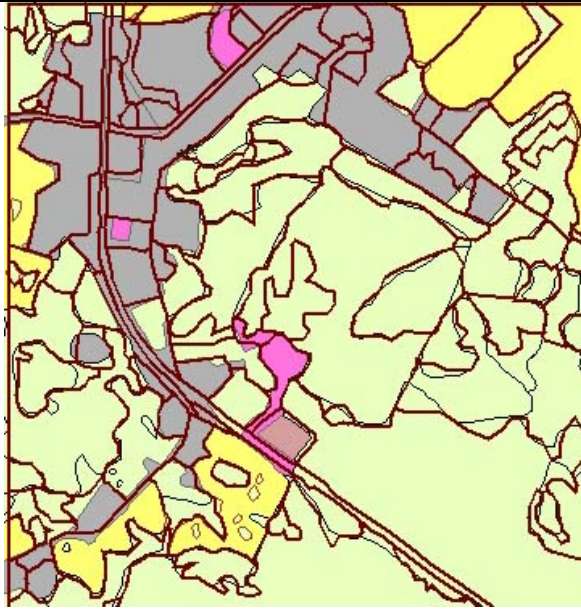
I Figur 8a-d redovisas tolkningsexempel från Ruta 4. Vissa små områden inom åkermarken från fastighetskartan skulle karteras som punktojekt i NILS kilometerruta. Vid testtolkningen har dessa objekt behållits och ej slagits samman med andra objekt.

I Figur 8a-d har ingen klassificering utförts av terrester mark som därför kan bestå av allt från skog, betesmark, strandängar med mera. Åker, bebyggd mark, hårdgjord/belagd mark och anlagda grönytor har dock separerats ut direkt under marktäcke vilket exemplifierar den skillnad på information så går att få men enkel tolkning och indelning. Olika typer av bebygg, hårdgjord/belagd och anlagd grönytor som i fastighetskartan endast angetts som öppen mark framträder tydligt.

Vid den manuella tolkningen har framförallt information från Fastighetskartan och SCB använts. Nyttan av befintliga GIS-data från Våtmarksinventeringen (VMI) samt ängs- och betesmarker och Blockdatabasen från Jordbruksverket har dock också utretts. Informationen i nämnda GIS-data är framtagna för andra syften och med andra avgränsningskriterier än vad som eftersträvas inom NILS, varför att gränserna inte blir direkt användbara för ytavgränsning. Informationen från de befintliga GIS-skikten innehåller dock del information som kan vara till stöd för tolkning av ytojekten.

Information från Svenska marktäckedata (SMD) och kNN-Sverige har också beaktats med dessa skikt har tagits fram med andra syften och en skalnivå som gör att de inte lämpar sig som stöd för ytavgränsning med manuell tolkning. Informationen från dessa skikt kan dock vara till nytta vid en kombination med semiautomatiska metoder.



	
<p><i>Figur 8a. Ortofoto med avgränsningslinjer (svart) från den manuella avgränsningen med stöd av GIS-data.</i></p>	<p><i>Figur 8b. Gränser från fastighetskartans skikt för marktytor. För teckenförklaring se Figur 7a.</i></p>
	
<p><i>Figur 8c. Manuell ytavgränsning med stöd av fastighetskartan. En fullständigt manuell ytavgränsning utan stöd av GIS-data är utförd inom den röda rutan, se Figur 8c. För teckenförklaring se Figur 8b.</i></p>	<p><i>Figur 8c. Manuell avgränsning inom NILS 1x1 km (röda linjer) jämfört med manuell ytavgränsning med stöd av fastighetskartan (svarta linjer). Jämförelsen är utförd inom den röda rutan i Figur 8c.</i></p>

#### 4.2.4 Tolkning och klassificering

I Bilaga 2 redovisas ett förslag på möjlig klassificering utifrån de variabler som registrerats vid den manuella tolkningen. Förslaget på möjlig klassificering är framtaget för att kunna redovisas på 3 nivåer (Tabell 11) och grundar sig i första hand på användarnas behov och i

andra hand på befintliga klassificeringssystem, varför vissa avvikelser från en korrekt hierarkisk uppbyggnad har föreslagits. Anledningen till att ett förslag på klassificeringssystem redovisas är för att åskådliggöra hur många variabler som behöver tolkas, eller indirekt tas hänsyn till, för att dessa klasser ska kunna skapas.

Tabell 11. Antal möjliga klasser enligt det förslag på möjligt klassificeringssystem som redovisas i Bilaga 2.

Markslag	Antal klasser per Nivå			Kommentar
	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	
<b>1. Exploaterad mark</b>	3	9	12	Indelning efter marktäcke, naturlighet och markanvändning
<b>2. Vatten</b>	4	7	-	Indelningen efter typ och förekomst av ytvattenvegetation
<b>3. Våtmarker</b>	6	18	36	Klasserna baserade på grova våtmarkstyper (6 klasser), markanvändning och busktäckning (för att kunna följa igenväxning)
<b>4. Glaciär och snötäckt mark</b>	1	-	-	Endast en klass
<b>5. Öppna marker</b> (ej skogsbruk och generellt > 10-30 % träd))	4	13	19	Klasser baserade på vegetation, markanvändning och substrat.
<b>6. Skogsmark inkl impediment</b> (skogsbruk)	6	21	35	Klassificerade efter markslag, utvecklingsgrad och trädäckning.
<b>Totalt antal klasser</b>	<b>24</b>	<b>68</b>	<b>102</b>	

#### 4.2.5 Hur kan tolkningstiden minskas

De metodtester som genomförts med manuell tolkning visar att tidsåtgången för tolkning av landskapsrutan är alldeles för hög för att ska vara kostnadseffektiv, se Tabell 10, sida 30, för kostnadsexempel.

Det är mycket tveksamt om tiden för manuell tolkning av landskapsrutan går att minimera så att den blir kostnadsmässigt rimlig och samtidigt svara mot användarbehoven. Antalet polygoner som ytaavgränsas behöver ytterligare reduceras kraftigt vilket innebär att man vid tolkningen får ta hänsyn till färre avgränsningskriterier och det krävs också en ytterligare minskning av antalet variabler som registreras.

Olika variabler är olika tidskrävande att tolka men tolkningen tar framförallt tid då det förekommer tveksamheter och gränsfall mellan olika typer eller klasser. Antalet objekt och typ av variabel som ska tolkas är därför den tyngsta styrande faktorn när det gäller tidsåtgången.

Fastighetskartan, där den finns, har visat sig utgöra en mycket bra bas för yttre ytaavgränsning. Testerna visar att många ytor ändå kräver vidare indelning av de befintliga polygonerna. Minsta karteringsenhet varierar i fastighetskartan varför generaliseringar av denna kommer att bli nödvändiga om man vill hålla en jämn karteringsnivå vid tolkningen av landskapsrutan.

#### Exempel på stöd som fås från fastighetskartan (se även Bilaga 4)

- Inom jordbrukslandskapet har avnämarna pekat ut att det är viktigt att skilja åker och betesmark från annan öppen mark. Vidare får inga byggnader få ingå i den odlade marken. Gränserna i skiktet med åker från fastighetskartan är mycket bra och kan med ett fåtal undantag användas direkt. Bete på åker måste dock tolkas manuellt.

- Fastighetskartans skikt för Frukttodling/Fröplantage, Ej brukad åker och Annan öppen mark kan innehålla NILS-typerna bebyggd mark, hårdgjord/Anlagd mark och anlagda grönytor och behöver oftast avgränsas ytterligare. För att följa igenväxning i det öppna odlingslandskapet krävs manuell tolkning där det framförallt är viktigt att följa träd och busktäckning.
- De yttre gränserna i våtmarksskiktet är i regel bra för en generaliserad tolkning. För allt skilja kärr, mosse och blandmyr krävs manuell avgränsning. Manuell tolkning krävs för att följa förekomst av påverkan (dikning) och igenväxning (träd- och busktäckning).
- De yttre gränserna från skogsskikten är i regel också bra men sämre på nivån för att skilja olika trädslag. För att skilja ut äldre skog från ungskog samt skilja trädbevuxen mark från tät skog krävs manuell avgränsning.
- De yttre gränserna för vatten är i regel bra. Manuell avgränsning krävs endast för att skilja vatten med ytvattenvegetation från vatten utan ytvattenvegetation. För att skilja sötvatten från salt/brackvatten krävs manuell tolkning.
- Fastighetskartan ger mycket lite information om bebyggda områden förutom där det finns låg, hög och sluten bebyggelse samt industriområde vilket oftast är mindre ytor. SCB: skikt ger bra information om typen av bebyggelse men de yttre gränserna är oftast generaliserade varför grundavgränsningen från fastighetskartan och den manuella tolkningen är att föredra.

Tidsåtgången är dock möjlig att minska jämfört med den tid det tog vid tolkningstesterna. Erfarenheterna från testerna visar att den enskilt största tiden gick åt att avgränsa och tolka skogsmark och våtmarker, främst pga. den rikliga förekomsten av dessa typer i stickprovet.

#### **För att minska tiden föreslås att:**

- Åker tas direkt från fastighetskartan och får benämningen åker. En översiktlig kontroll av skiktet utförs vid den övriga tolkningen. Under markanvändning tolkas de åkerpolygoner där det förekommer bete. Ingen vidare tolkning av t.ex. träd och busktäckning sker. SJV:s blockdatabas erbjuder visst stöd vid tolkningen.
- Fastighetskartans skikt annan öppen mark används för ytteravgränsning. Vidare indelning sker med manuell avgränsning i de föreslagna klasserna i Bilaga 2-3; *Öppen gräs, ris och örtvegetation, Buskmarker och Substratdominerade marker, Hårdgjord/belagd mark, Anlagda grönytor och Bebyggd mark utanför tätort*. Öppen gräs, ris och örtvegetation indelas vidare i; *Öppna betesmarker, Öppna gräsmarker, Låglandshedar (ris), Naturliga strandängar, Alpina gräsmarker och Alpina hedmarker*. Buskmarker indelas i *Alpina buskmarker (vide)* och *övriga buskmarker* och den substratdominerade marken i *stränder/sanddyner/slätter* och *block och hållmarker*. Ingen vidare tolkning av t.ex. träd och busktäckning sker varför det inte går att följa igenväxning på någon detaljerad nivå. Stickprovet från kilometerrutan får vara tillräckligt för detaljstudier av igenväxning. SJV:s ängs- och betesmarksobjekt erbjuder visst stöd vid tolkningen.
- Fastighetskartans bebyggelseskikt (markyta) och data GIS-data från SCB används för att avgränsa bebyggd mark men där krävs en viss manuell justering och komplettering. Byggnader utanför tätort tas fram genom en buffertzona från

fastighetskartans byggnadsskikt med undantag av bebyggd mark större än 1 ha som avgränsas manuellt.

- Inom skogen används de yttre gränserna från fastighetskartan och skogen indelas manuellt efter skogstyper (*barrskog, blandskog, lövskog*). Ädellövskogen separeras inte utan föreslås vid behov tolkas på uppdrag. Utvecklingsgrad för skogen används för att avgränsa den utpekade typen naturskogsartad skog och hyggen, ungskog. Hyggen prioriteras för möjliggöra analys av fragmentering i landskapet. Ingen tolkning av trädhöjd och trädäckning och busktäckning utförs i skog. Skogsbete blir en egen klass.
- Våtmarker indelas direkt efter typ och markanvändning i egna klasser (*kärr, mosse, blandmyr, trädklädd myr, utdikad myr/sänkt sjö, torvtäkt och övrig semiakvatisk yta*). Från fastighetskartan är det möjligt att skilja våtmarker med eller utan träd vilket kan användas som stöd för att skilja sumpskog och trädäckta myrar från öppna myrar. Våtmarksinventeringen erbjuder idag endast ett begränsat stöd vid tolkningen med rikkärnsinventeringen kommer när den är klar att erbjuda möjligheter att överföra vissa attribut.
- Vattenytor tas från fastighetskartan efter manuell kontroll av gränslinjer. Vattnet indelas i stora vattendrag, sötvatten och salt/brackvatten. Informationen överförs via GIS direkt in i tolkningsdatabasen. Ingen indelning utförs av områden med eller utan ytvattenvegetation.
- För fjällen krävs manuell tolkning och om tolkningen kondenseras för att svara mot användarbehovet att få fördelningen av marktäckeklasser i fjällen är följande typer möjliga att separera; *alpin gräsmark, alpin hedmark, buskmarker, våtmarker (olika typer), fjällbjörkskog, barrskog i fjäll enligt NILS samt block, håll och substratmarker*, där de sistnämnda då till viss del kommer att inkludera skarp rished eftersom de per definition förekommer på mycket mager mark. Buskmarker i fjällen är svårare att kartera än buskmarker i odlingslandskapet varför endast större sammanhängande buskmarker ingår. Även vid en detaljerad tolkning där busk och småträdstäckning ingår så krävs att busktäckningen förändras markant i ett område innan förändringen blir utskiljbar (dvs. går från < 10 % till 10-30 %). Detsamma gäller för förekomsten av bar mark (eg. substratdominerad mark). Substrattäckningen måste förändras enligt samma princip som för busk- och småträdstäckning innan den blir utskiljbar.

För det klassificeringssystem som föreslagits i Bilaga 2 innebär förslaget ovan att antalet möjliga klasser minskas enligt tabell 12. Förslaget på möjlig förenklad klassificerings redovisas i Bilaga 3. Inga tidsstudier har utförts för att kontrollera tidsåtgång för tolkning enligt detta förslag.



Tabell 12. Antal möjliga klasser enligt det förenklade klassificeringssystem som redovisas i Bilaga 3.

Markslag	Antal klasser per Nivå			Kommentar
	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	
<b>1. Exploaterad mark</b>	3	9	-	Indelning efter marktäcke, naturlighet och markanvändning
<b>2. Vatten</b>	3	-	-	Indelningen efter typ och förekomst av ytvattenvegetation
<b>3. Våtmarker</b>	7	-	-	Klasserna baserade på våtmarkstyper (6 klasser) och markanvändning
<b>4. Glaciär och snötäckt mark</b>	1	-	-	Endast en klass
<b>5. Öppna marker</b> (ej skogsbruk och generellt > 10-30 % träd))	4	13	-	Klasser baserade på vegetation, markanvändning och substrat.
<b>6. Skogsmark inkl impediment</b> (skogsbruk)	6	13	-	Klassificerade efter markslag, utvecklingsgrad och trädäckning.
<b>Totalt antal klasser</b>	<b>22</b>	<b>35</b>	-	

Utifrån den föreslagna begränsningen karteras ingen busk eller trädäckning varför det inte är möjligt att utföra någon indelning i tät eller gles skog eller följa övergångar i träd eller busktäckning vilket är en förutsättning för att följa igenväxning på en mer detaljerad nivå utan det blir endast möjligt att följa övergångar från en marktäckeklass till en annan.

### 4.3 Metodtester - Segmentering

Segmentering kan användas som semiautomatiska metod för att underlätta framförallt avgränsning av homogena ytor inom ett digitalt ortofoto eller satellitbild. De program för segmentering som finns idag ska framförallt ses som ett komplement till vanlig flygbildstolkning där segmentering kan utgöra en förprocess innan själva bildtolkningen.

Metoder för hur segment vidare kan klassificeras med automatiska metoder baserade på den spektrala informationen i bilderna är ännu på forskningsstadiet men där finns en stor potential för att ytterligare underlätta bildtolkningsarbetet på sikt.

Segmentering har utförts på både satellitbilder (SPOT) och ortofoton där två olika programvaror har testats. På SLU har studier utförts med programvaran Feature Analyst som ingår i ESRI-familjen. Dianthus AB i Boden har vidare utfört segmentering på ortofoton med sin programvara Dianthus Raster Segmentering som främst är utvecklad för avgränsning av skogsbestånd. Programvaran är utvecklad i samarbete med, och på uppdrag av, Holmen Skog AB.

Vid segmentering beror resultatet av algoritmen, inklusive de parametrar som operatören väljer, samt av bildens kvalitet. Vid segmentering av flygbilder finns risk att tittvinkelvariationer ger olika resultat i olika delar av bilden. Inverkan av dessa faktorer behöver kontrolleras, både innan en metod väljs, och sedan fortlöpande under produktionen. Jämförelser med utfallet för manuell tolkning, tex. inom 1\*1 km rutan, kan vara en metod för detta.

#### 4.3.1 Feature Analyst

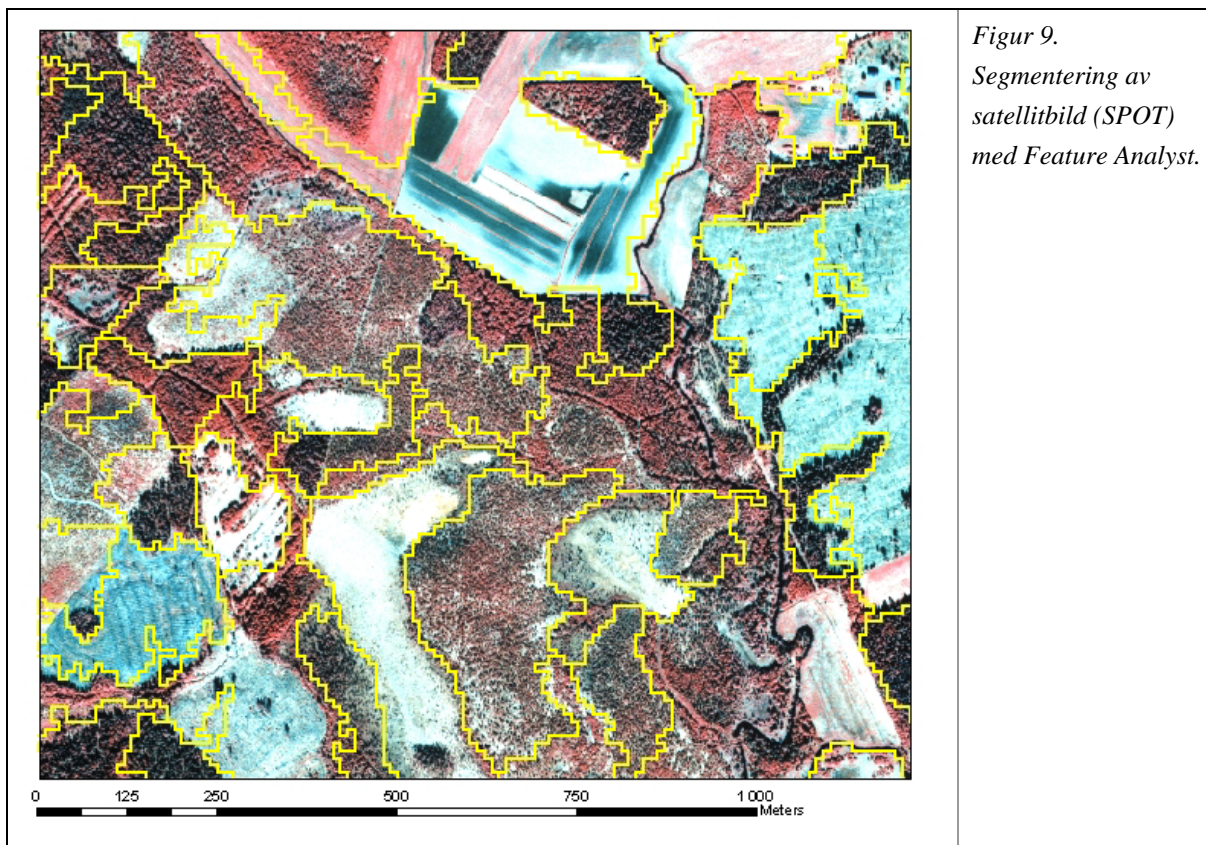
Feature Analyst bygger på VLS (Virtual Learning Systems) och erbjuder möjligheter att bygga upp hierarkiska klassificeringsprocesser med självlärande möjligheter. Programmet är

främst utvecklat för olika typer av objektsigenkänning men erbjuder också möjligheter för markslagskarteringar.

De tester som utförts visar att:

- Segmentering på satellitbilder ofta genererar ett något bättre resultat än ortofoton. Till viss del beror detta på den sämre upplösningen (15 m) i satellitbilder jämfört med ortofoton, därför att det bildas ett större antal delytor vid segmentering av ett digitalt ortofoto, vilket ger ett plottrigt resultat. Skillnader kan också förklaras med tittvinkleffektens större betydelse i ortofoton.
- Testerna visar att Feature Analyst har brister framförallt när det gäller sammanslagning de små segment som bildas vid försegmenteringen och det finns få möjligheter att styra detta i programmet. Med försegmentering menas första iterationen av en lång rad där varje resultat bearbetas för att utgöra underlag för nästa, förbättrade segmentering. Resultaten av segmentering av digitala ortofoton kommer därför att kräva stora insatser vid efterbearbetningsprocessen och nyttan av segmenteringen blir då mer tveksam.
- Feature Analyst har också brister när det gäller generaliseringen av gränslinjerna där dessa följer kantlinjerna exakt. I programmet finns inga möjligheter för att justera inställningarna och ”mjuka” upp linjerna med bibehållen topologi. Från och med nästa version av Feature Analyst skall detta dock vara åtgärdat. Kantigheten på segmenteringsresultaten medför bland annat problem då man utför segmentering under mask, till exempel när man använder en skogsmask för att endast utföra segmentering i skog eller då man använder en våtmarksmask för att undvika att segmenteringen utförs i våtmark. Alla karteringsgränser som ingår kommer att få samma kantiga karaktär och det blir då svårt att klippa eller skära områden i efterhand med raka linjer från andra datakällor med bibehållen topologi.
- Feature Analyst har ett användarvänligt gränssnitt men dokumentation om de olika inställningsmöjligheterna som finns är dåliga. Många beräkningsalgoritmer är gömda i ”en svart låda” varför det är svårt att härleda vad skillnader i resultat beror på.
- Feature Analyst erbjuder stora möjligheter för objektsigenkänning och tester visade att Feature Analyst till exempel var mycket bra på att lokalisera enskilda träd i stadsmiljöer.
- Tester visar också att Feature Analyst är ett bra verktyg för digitalisering av information från scannade historiska kartor och kan vara ett bra verktyg för att förenkla digitaliseringsprocessen.

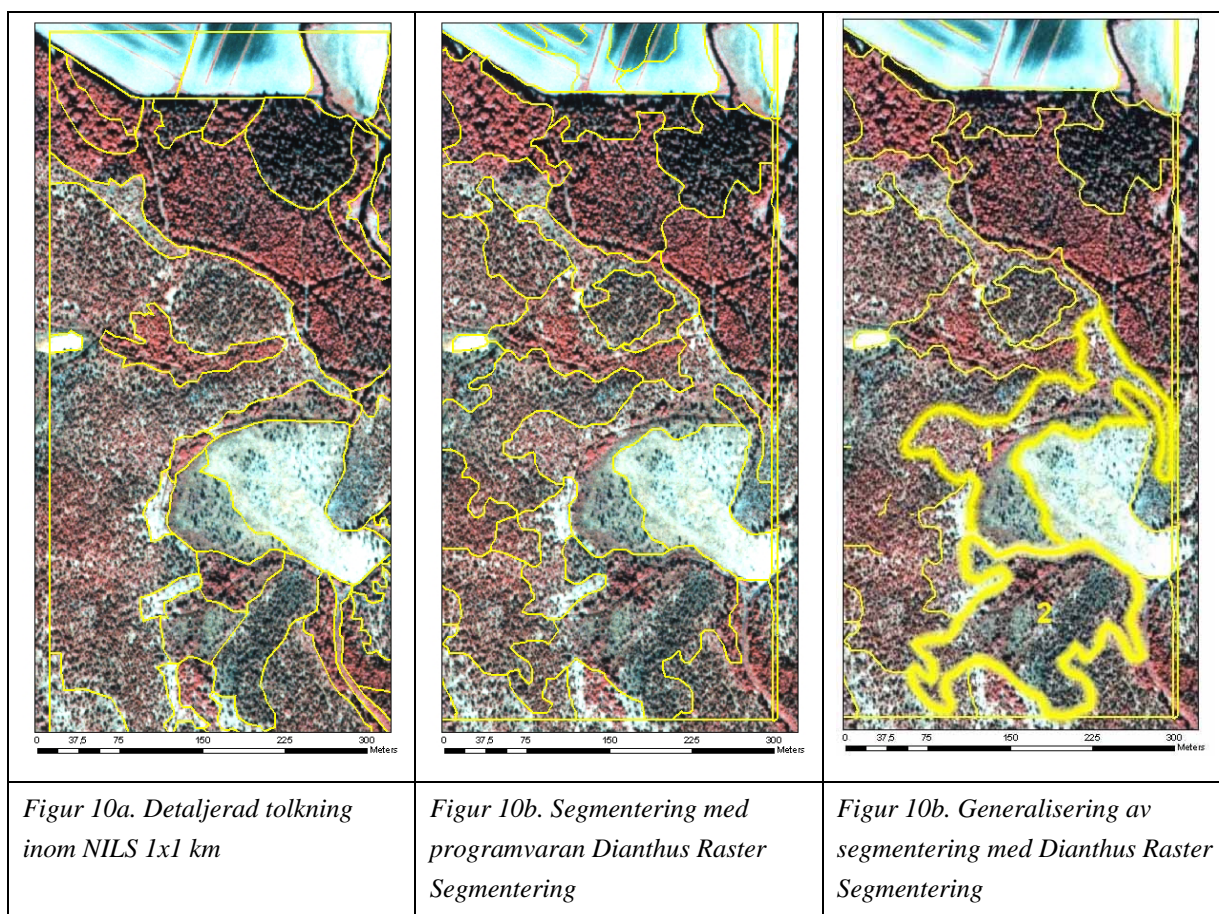
I Figur 9 Gränslinjerna är kantiga och gränserna mellan homogena områden har missats eftersom segmentet fortsätter en bit ut i nästa område innan nästa segment börjar. Detta område visas också i Figur 10a-c, sida 40, där segmenteringen är utförd på ett digitalt ortofoto med segmenteringsprogramvaran Dianthus Raster Segmentering.



### 4.3.2 Dianthus Raster Segmentering

Programvaran Dianthus Raster Segmentering testades över fem områden och över en blandning av marktäcketyper. Resultaten visade att programvaran gav de bästa resultaten i skogsmiljöer.

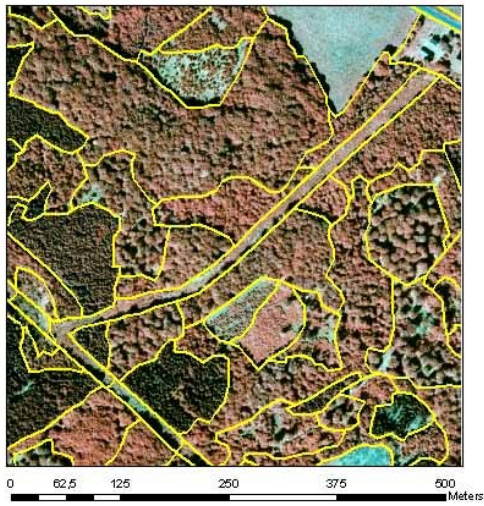
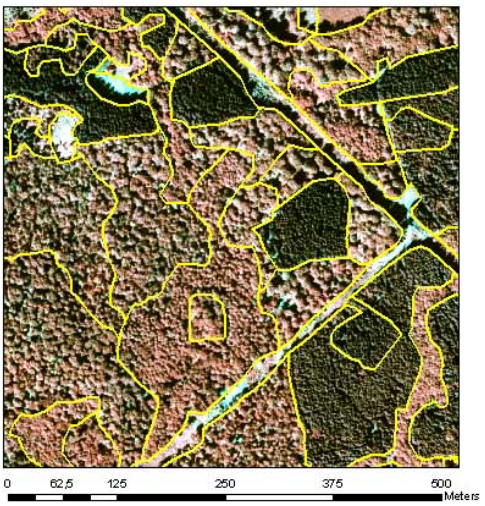
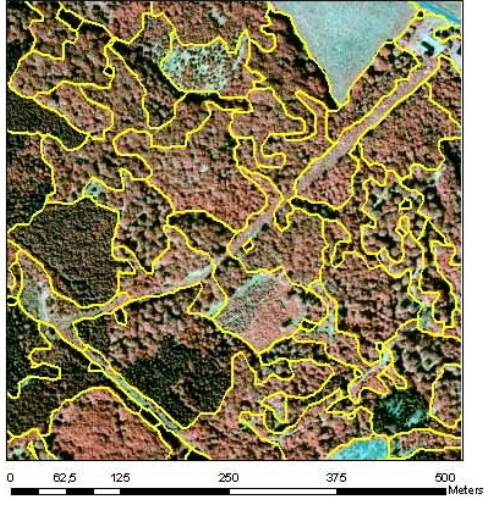
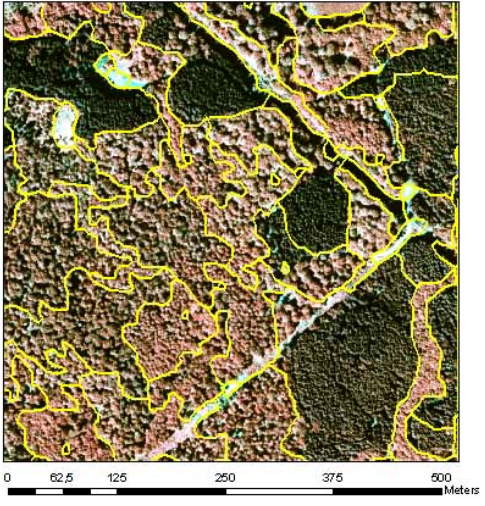
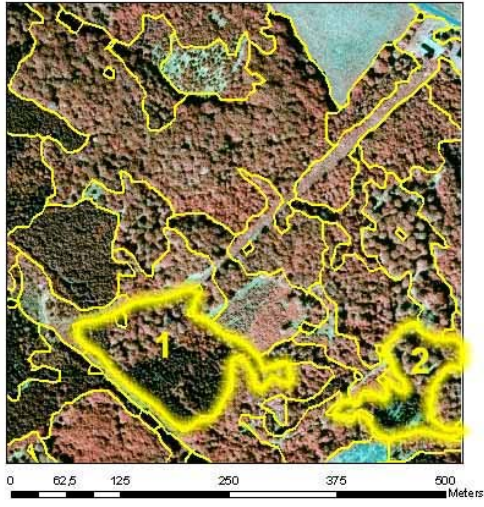
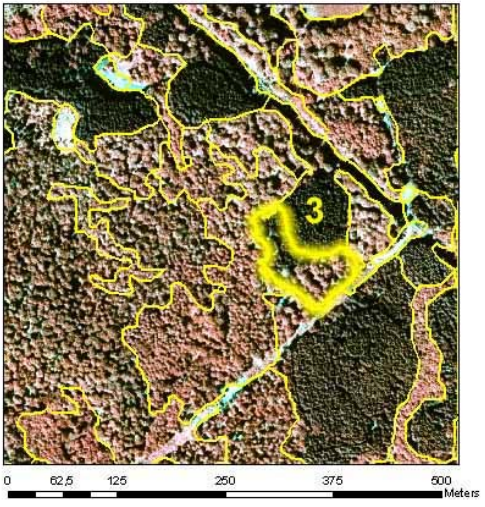
Figur 10a-c visar ett testområde i Norrland som domineras av barr, bland och lövskog av olika åldrar. Figur 10a visar hur området karterats med manuell bildtolkning i NILS kilometerruta. Kriterierna för avgränsning har där varit att skapa gränser för homogena områden med små interna skillnader i trädslagsblandning, trädäckning och trädhöjd. Figur 10b-c visar resultaten från segmentering med Dianthus Raster Segmentering där Figur 10c generaliserats genom sammanslagning av segment för att likna tolkningen av NILS kilometerruta.



Segmenteringen (Figur 10b) inom blandskogen till vänster i bilden ger en annorlunda och mer detaljerad bild än tolkningen av kilometerrutan (Figur 10a). Gränsen mot åker (turkosblå) i den övre delen av bilden är tydlig och likaså de homogena bestånden av äldre barr och lövskog i anslutning till åkern. Myren (ljus blå/vit) i mitten av bilden med glesa träd framträder relativt bra. Dock skulle en del redigering behöva göras för att svara mot NILS variabelkrav. En del av fastmarken ovanför myren i mitten är inkorporerad med myren, likaså för den sumpskog/trädbevuxna myr som i mitten av den nedre delen av bildutsnittet. Där har segmenteringen lagt ihop de olika delementen till en blandning av mosse, kärr och delar av fastmark. De tre små myrelement som ligger till vänster är också i blandad våtmark/fastmark. Ungskogen (stor och inhomogen till färgerna) till vänster i bilden kanske man inte vill ha så detaljerade segment inom för det kostar lång tid i mätning och bedömning av detaljerade variabler. För en översiktlig tolkning så ger segmenteringen över denna ruta med en del efterbearbetningar ändå en bra representation av ytan.

Segmentet som bildats i programvaran till vänster om myren med lite tätare träd går in i den yngre blandskogen (se polygon 1 i Figur 10c). Vid en manuell kontroll är det lätt att lägga till en gräns mellan två ytor. Ett annat exempel är polygon 2, Figur 10c, där det lilla lövträdbeståndet i övre delen av segmentet går ihop med den glesa unga barrskogen lövinslag i den undre delen av bilden. Sammantaget kan sägas att segmenteringen fungerar som ett underlag för vidare indelning, men att mer utveckling och några andra valda parametrar kan snabba upp det förloppet ytterligare.



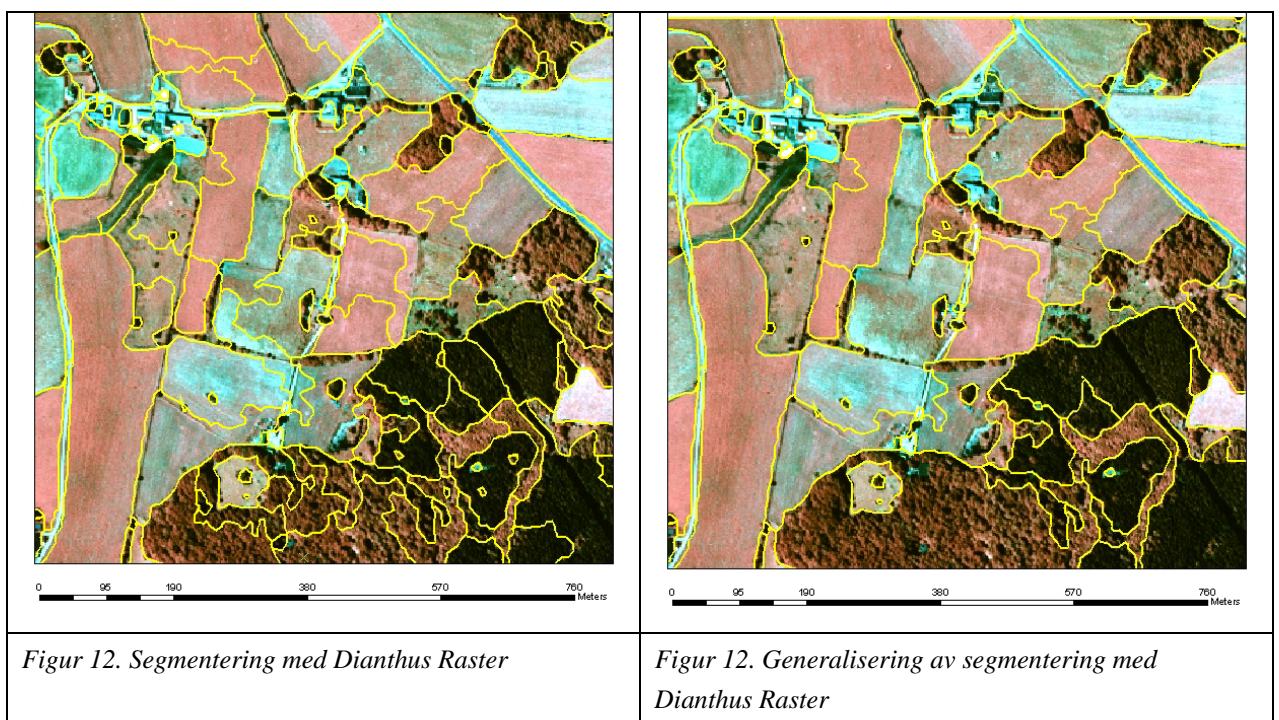
	
<p><i>Figur 11a. Tolkning inom NILS 1x1 km</i></p>	<p><i>Figur 11b. Tolkning inom NILS 1x1 km</i></p>
	
<p><i>Figur 11c. Segmentering med programvaran Dianthus Raster Segmentering</i></p>	<p><i>Figur 11d. Segmentering med programvaran Dianthus Raster Segmentering</i></p>
	
<p><i>Figur 11e. Generalisering av segmentering med Dianthus Raster Segmentering</i></p>	<p><i>Figur 11f. Generalisering av segmentering med programvaran Dianthus Raster Segmentering</i></p>



Figur 11a-f visar ett exempel från södra Sverige där det förekommer en blandning av lövskog, ädellövskog (mest bok) och barrskog samt en del åkermark. Exempler till vänster visar områden där det krävs manuell komplettering av gränser (polygon 1 och 2 i Figur 11e). Exempler till höger visar ett mycket bra resultat med en god generaliseringsnivå för denna typ av markslag. Viss komplettering krävs även här, se polygon 1-2 (Figur 11e) och polygon 3 (Figur 11f).

Segmenteringsprogrammet Dianthus Raster Segmentering är i grundutförandet utvecklad för skog och exempel på resultat för segmentering av åker i södra Sverige ses i Figur 12a-b. Segmenten med gränser från skog blir generellt mycket bra efter manuell generalisering. I denna studie har det testats hur många nya gränser som behöver dras, alternativt dras om efter ny sträckning men det har inte utförts någon tidsbedömning om hur lång tid denna redigering tar.

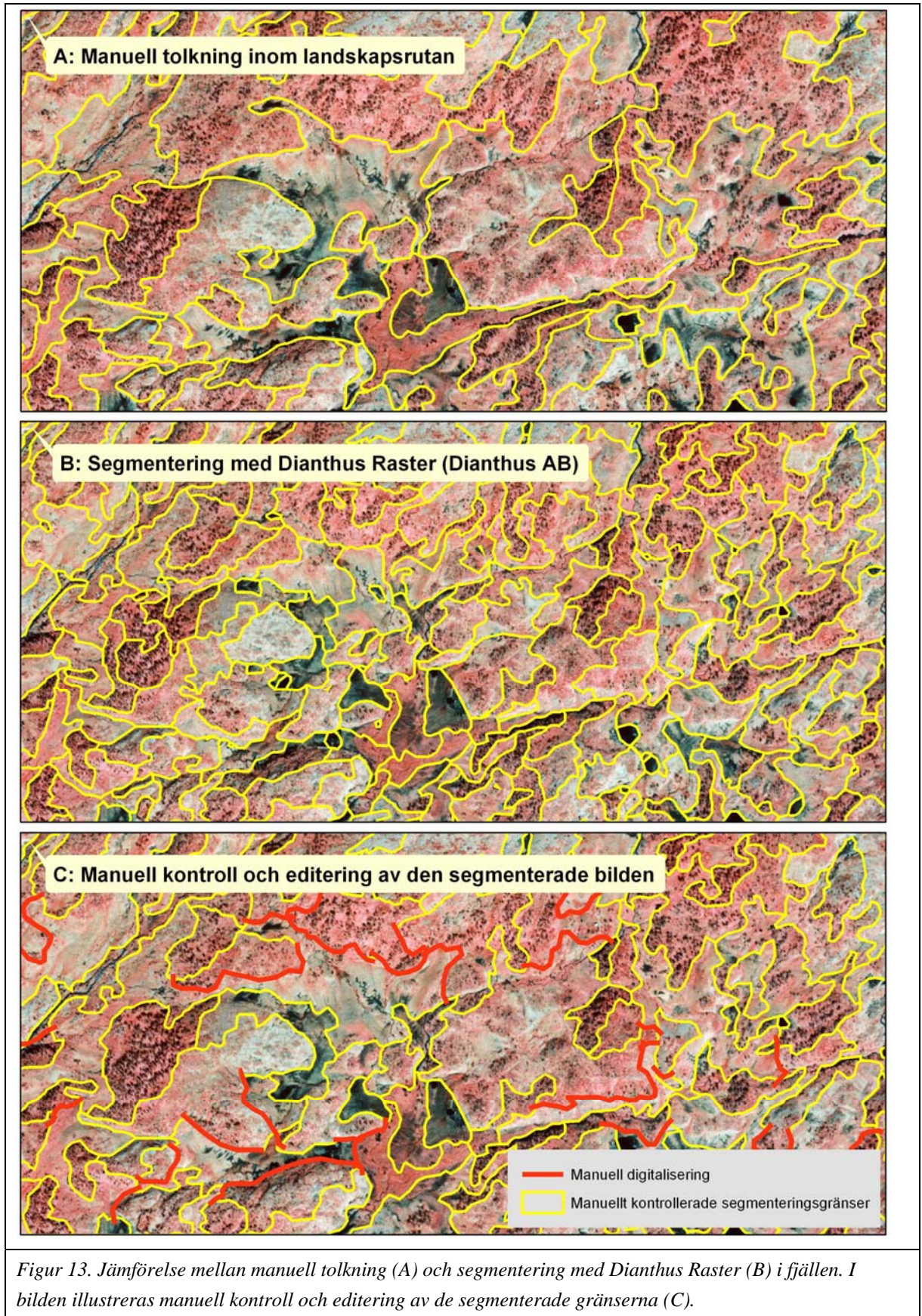
Inom åkermarken reagerar segmenteringen mycket på de spektrala skillnaderna efter mognadsgrad hos grödor varför det skapas en del märkliga segment. För att förbättra resultatet inom åkermark kan till exempel skogen exkluderas ur analysen. En skogsmask för detta kan till exempel skapas utifrån det första resultatet. För att kalibrera parameterinställningarna för åkermark krävs dock utvecklingsarbete eftersom spektralvärdena varierar kraftigt beroende utvecklingsgraden hos grödorna samt markfuktighet etc. Ett alternativ är att snabbt dra gränser manuellt för ren åkermark i växtföljd och använda detta som en mask för att slippa alla extra polygoner. Betesmarken kräver dock oftast manuell avgränsning och tolkning.



Testerna med segmentering i fjällen visar att det även här bildats många små ”extra” segment (Figur 113, bild B). Vid jämförelser mellan den generaliserade manuella tolkningen för landskapsrutan (Figur 13, bild A) och det segmenterade resultatet (Figur 13, bild B) skiljer sig både detaljeringsgrad och gränsdragningarna sig åt mer än i skogliga miljöer. De småskaliga mosaiker av naturtyper som förekommer i fjällen medför problem vid generaliseringar och även resultatet mellan tolkningen inom kilometerrutan och den



generaliserade tolkningen inom landskapsrutan skiljer sig åt med avseende på var i landskapet gränslinjerna hamnar.



Det segmenterade resultatet har kontrollerats och editrats manuellt (Figur 13, bild C) där kontrollen framförallt har innefattat sammanslagningar av befintliga segment med också innefattat manuella gränsdragningar. Inom utsnittet i Figur 13 har totalt 30 manuella gränslinjer lagts in. Det segmenterade resultatet efter den manuella kontrollen och editeringen ger en bra representation av landskapet på en översiktlig nivå men skiljer sig betydande på en del ställen från den manuella tolkningen, bland annat har den segmenterade bilden tillåtits att vara mer detaljerad än den manuella tolkningen. Både resultatet från den manuella tolkningen och det kontrollerade segmenterade resultatet ger en god bild av landskapet och vilken bild som är mer ”sann” bestäms egentligen av ambitionsnivån i tolkningen.

Tiden för att utföra en manuell kontroll med sammanslagningar genom stereobetraktande av flygbilder var betydande och utsnittet (100 ha) tog 2-3 timmar i anspråk. Inställningarna vid segmenteringen skulle därför behöva justeras ytterligare för att öka storleken på segmenten och därigenom tillåta högre generalisering för att segmenteringen ska utgöra ett alternativ till manuell tolkning.

De segmenteringstester som utförts med segmenteringsprogramvaran Dianthus raster Segmentering har visat att vissa typer av avgränsningar inom skog generellt blir bättre än andra. Exempel på ytavgränsningar som generellt blir bra och endast kräver en mindre editering är:

- Gränser mellan åker och skog
- Gränser mellan åkerholmar, skogsdungar och åker
- Gränser mellan homogena täta bestånd av löv och barrskog
- Hyggen
- Gränser mot vatten

Exempel på ytavgränsningar som generellt kräver mer editering är:

- Gränser mellan blandade bestånd av barr och lövskog
- Gränser i områden med glesa bestånd, speciellt med varierande trädhöjd
- Gränser mot trädbevuxna våtmarker

Segmenteringsresultatet påverkas också av bildkvaliteten, dock inte i lika stor utsträckning som en klassificering. Följande faktorer bedöms som särskilt viktiga för kvaliteten på segmenteringsresultatet:

- Exponering vid bildtagningen.
- Filmframkallning (analoge bilder)
- Inskanningen (analoge bilder)

Kvalitén på ovanstående faktorer påverkar i hög grad den spektrala dynamiken i bilden. En underexponerad eller allt för monokrom bild ger ett betydligt sämre resultat än vid optimala förhållanden.

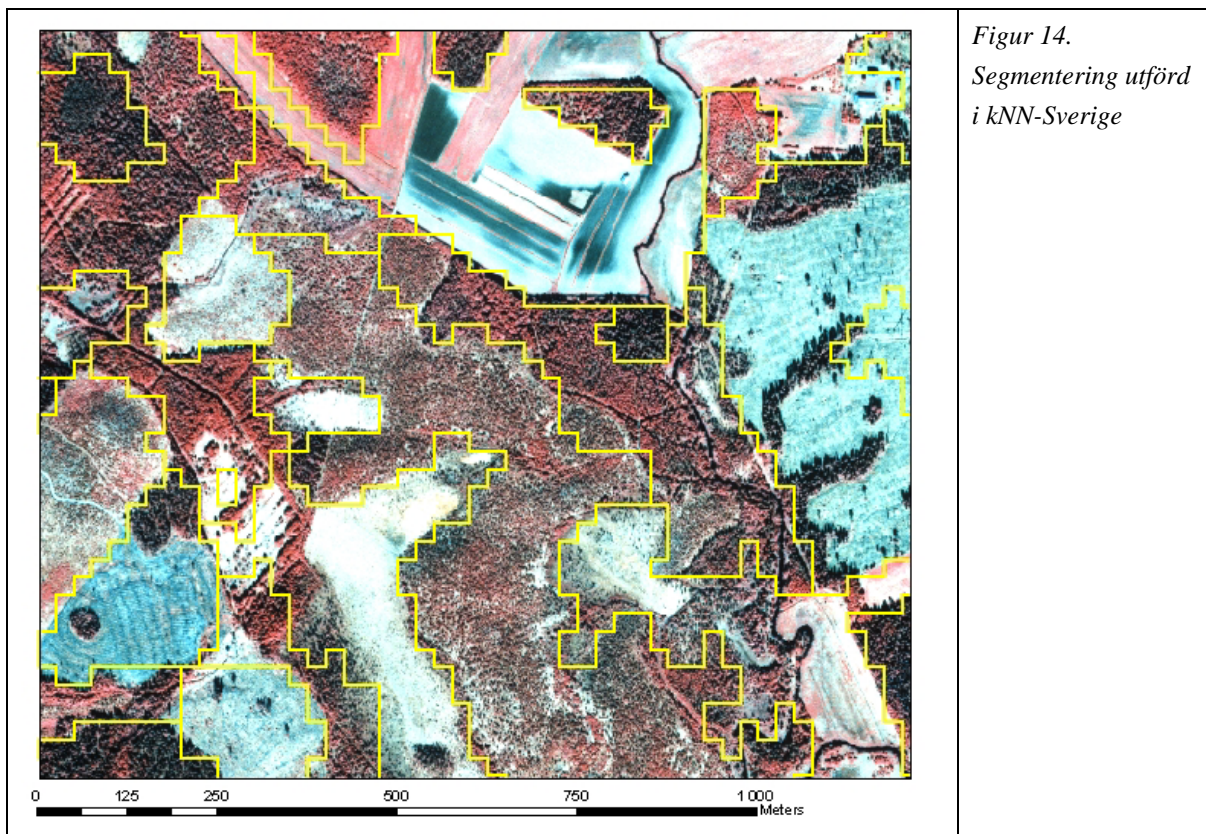


Segmenteringen kan redan idag erbjuda ett alternativ med semiautomatisk avgränsning, framförallt i skog. I programvarorna Feature Analyst och eCognition finns möjligheter med semiautomatisk klassning av segmenten utifrån bildens spektralvärde. I Dianthus Raster finns möjlighet att klassificera segmenten utifrån bilden spektralvärden och textur, genom att statistik sparas för varje resulterande segment. Med Dianthus Raster Segmentering måste dock klassning i dagsläget utföras av extern programvara. Klassningsresultatet blir dock beroende av tittvinkelförhållanden, bildalstringsförhållandena och ortofotoproduktionen. Beroende på syftet kommer resultaten från segmenteringen alltid att innehålla en del brister och för en enhetlig avgränsning av markslag och markanvändning krävs manuella kontroller.

### **4.3.3 kNN-Sverige**

kNN-Sverige innehåller en skattning av skogliga variabler (t ex virkesförråd, höjd, ålder, trädslagsblandning) över nästan hela Sveriges skogsmarksareal. Materialet har tagits fram genom en sambearbetning av satellitbilder (Landsat 7 ETM+) och fältdata från Riksskogstaxeringen.

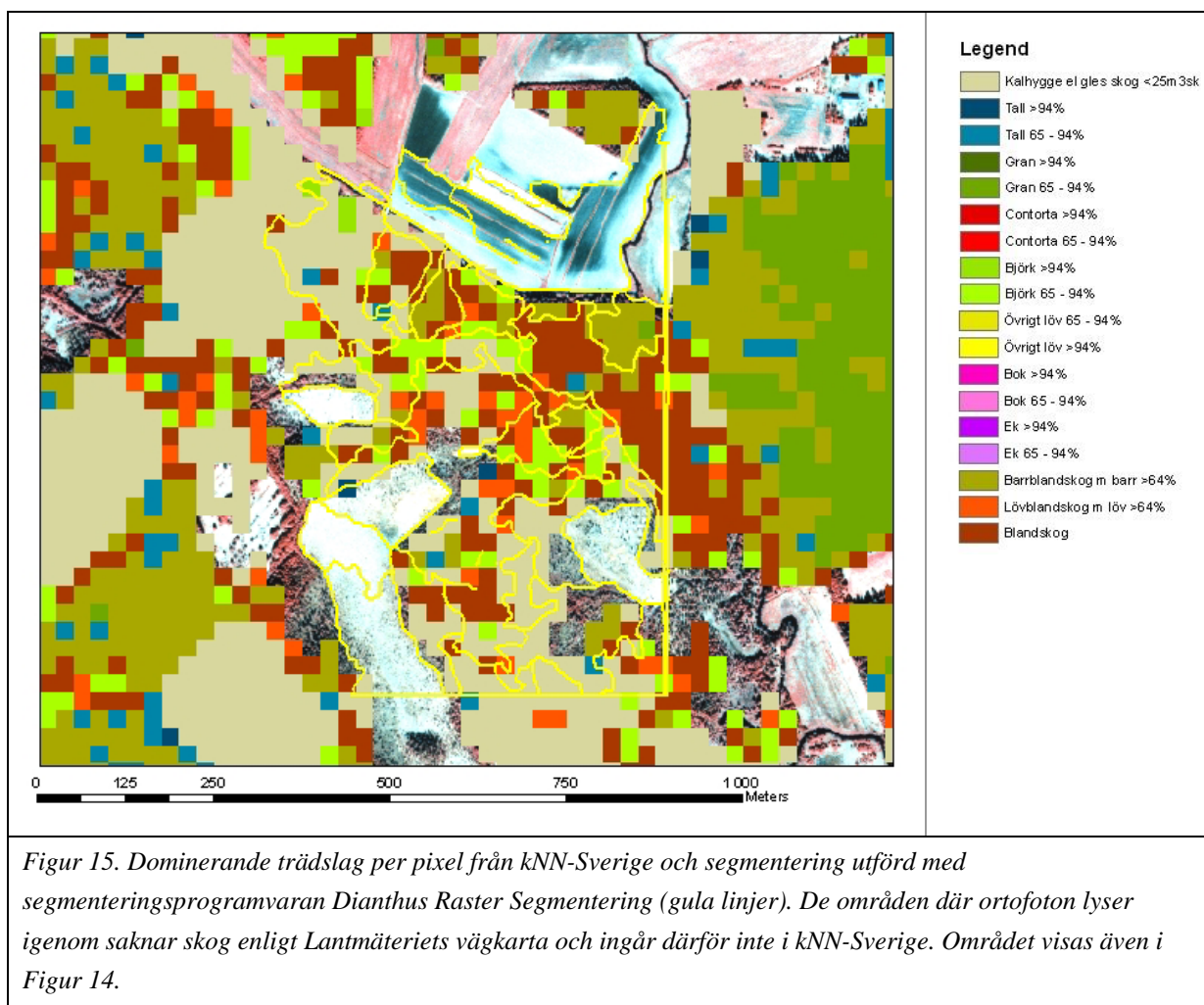
Grundformatet är rasterdata med en upplösning på 25x25 m men produkten finns också tillgänglig i en generaliserad variant. Den generaliserade versionen är baserad på en automatisk segmentering av satellitbilderna som genererat ursprungsskattningen. Segmentenvärdena består av medelvärdesbildningar över de kNN-pixelvärden som finns inom samma segment. Ett exempel på segmenten i kNN-Sverige redovisas för ett utsnitt i Norra Sverige i Figur 14. Kantigheten på segmenten återspeglar upplösningen på Landsatbilden (25m) och detaljeringsnivån på segmenten blir därför låg. Kantigheten är dock möjlig att utjämna något med sk. spline-funktioner. De områden som ligger utanför vägkartans mask för skogsmark saknas i bilden vilket betyder att en del mindre skogsområden missas vid karteringen. Även den skogsmark som finns inom 50 meter från blå kartans vattenmask är borttagen eftersom georefereringen av satellitbilderna sällan stämde överens med masken.



*Figur 14.  
Segmentering utförd  
i kNN-Sverige*

Jämförelser mellan de segment som ingår i kNN-Sverige och segmenten från Dianthus raster visar skillnaden i detaljeringsgrad som uppstår som en konsekvens av de olika upplösningarna i grunddata (Figur 15). kNN-Sverige utgår från Landsat-bilder med en upplösning på ca 25 m och Dianthus segmentering utgår från ett digitalt ortofoto med en upplösning på ca 0,5 m. kNN-Sverige är framtagen med satellitbilder från år 2000. De segment som skapats med Dianthus raster bedöms därför följa skillnaderna i marktäcke bättre än de segment som tagits fram inom kNN-Sverige. Informationen från kNN rasterdata är dock möjlig att överföra till vilka polygoner som helst t.ex. de segment som erhållits från ortofoton.

kNN-Sverige är genererad med data från år 2000 och är därför en relativt statisk produkt som alltid kommer kräva en viss uppdatering. Nästa produktion av kNN-Sverige kommer att utföras med SPOT-bilder från 2006 och beräknas vara klart under inledningen av år 2008. Inom skogsmarken är det framförallt förekomsten av hyggen som kommer att variera. En jämförelse mellan Figur 14 och Figur 15 illustrerar att kalhygget till höger i bilden uppkommit efter att kNN-Sverige genererades och således kräver manuell kontroll av data.



## 4.4 Möjligheter med laserscanning

Laserscanning är en utomordentligt intressant metod både för insamling om vegetationens höjd och struktur, samt även för mätningar och karteringar av marken. Den höga måttätheten och laserljusets förmåga att tränga igenom vegetation gör det möjligt att få en relativt god insyn även i områden med tät vegetation. Efter inpassning mot ett begränsat antal stödpunkter är höjdnoggrannheten i enskilda mätningar i regel mycket hög (Klang& Burman. 2006).

Geometriskt korrigerade resultat av krontaket eller byggnader från flygburen mätning, flygfotografering eller laserscanning kallas DSM (Digital ytmodell). För att generera en modell av markytan måste vegetation och byggnader med mera filtreras bort. Efter detta är det utifrån en sådan höjdmodell möjligt att med god noggrannhet kartera vegetationens höjd, samt även stup, rasbranter, brinkar, större diken etc.

Beroende på flyghöjd, svepbredd och laserfrekvens kan man få olika måttäthet. Det är möjligt att erhålla en bra terränginformation, data om vegetationens höjd, täthet och struktur även med men ett avstånd på en eller flera meter mellan mätningarna. Desto tätare mätningar som man har desto mindre objekt kan detekteras och mätas. En viktig gräns är om enskilda träd ska mätas. För att upptäcka de flesta träden krävs en måttäthet om 5-10

laserskott/m<sup>2</sup>. Förutom positionsbestämning av enskilda träd blir det också möjligt att mäta trädens höjd och kronform vilket ger underlag till trädslagsbestämningar. Den förbättrade höjdmodellen ger också möjligheter att återfinna diken, branter etc. Vid laserscanning med mycket hög mättäthet ökar möjligheten att uppskatta avgångar av träd eller mäta tillväxt för träd och buskar (Xiaowei et al., 2004)

Utifrån de behov som pekats ut i informationsanalysen (Esseen et al. 2004) samt genom diskussioner med avnämare har listor (Tabell 13-15) sammanställts för de variabler där laserscannade data kan tänkas bidra med information. Det är dock viktigt att poängtera att förutom för vissa skogliga parametrar så finns i dagsläget inga etablerade metoder för extraktion av den typ av information som listas i tabellen.

*Tabell 13. Tabellen listar variabler som utpekats som viktiga i behovsanalysen och beskriver möjligheten att kartera/tolka dessa utifrån laserscannade data. Många av de metoder som kan användas för att extrahera data från laserscanning saknas eller befinner sig för närvarande i en utvecklingsfas.*

Variabel	Visuellt detekterbar	Semiautomatisk potential	Kommentar
Trädhöjd	Ja	Ja	Tidigare studier utförda på SLU visar att enskilda trädhöjder är möjligt att detektera med hög noggrannhet. Detta ger vidare möjlighet att dela in skogen i enkelskiktade och flerskiktade bestånd med mera.
Höjdspridning i trädskiktet	Ja	Ja	Se, trädhöjd
Trädslag	Ja	Ja	Tidiga studier utförda på FOI och SLU (Persson et al. 2004; Persson et al. 2006) visar att det är möjligt med automatisk trädigenkänning att identifiera Gran, Tall och Löv med stor noggrannhet. Mera forskning behövs.
Trädtäckning	Ja	Ja	SLU bedömer att det finns stor potential för automatisk trädtäckningsbedömning. Genomförda tester har inte utvärderats och detta kräver vidare arbete.
Busktäckning	Ja	Ja	Kartering av busktäckning bedöms ha stor potential och vilket utreds i ett examensarbete under 2007.
Areell fördelning av buskar och småträd	Ja	?	Utifrån automatisk trädigenkänning finns potential att bedöma den rumliga fördelningen av träd och buskar.
Areell fördelning av trädslag	Ja	?	Se, Areell fördelning av buskar och träd
Bebyggd miljö	Ja	Ja	Ett flertal studier har visat att det är möjligt att med god noggrannhet kartera byggnader genom stereomatchning av IRF-bilder och

			<i>laserscannade data (Persson et. al. 2005, Morgan&amp;Habib. 2001). Med laserscannade data är detta även möjligt i trädbevuxna områden</i>
Hårdgjorda, anlagda ytor	Ja	Ja	<i>Genom att använda laserscannade intensitetsvärden är det möjligt att kartera vägar och andra hårdgjorda ytor.</i>
Grönområden i urban miljö	Ja	Ja	<i>Identifiering av enskilda träd och buskområden kan karteras i urbana miljöer. Möjligheterna ökar om laserscannade data används i kombination med IRF-bilder.</i>
Igenväxning av våtmarker och andra öppna marker	Ja	?	<i>Studier i Schweiz har visat att med laserscannade data ökar chanserna att kartera igenväxning med träd och buskar i våtmarker betydligt (Waser et al 2006). Kartering av igenväxning med träd och buskar bedöms därför ha hög potential även i öppna marker. Detta kräver vidare utveckling och studier.</i>

*Tabell 14. Tabellen listar linjeelement som utpekats som viktiga i behovsanalysen och beskriver möjligheten att kartera/tolka dessa utifrån laserscannade data.*

<b>Linjeelement</b>	<b>Visuellt detekterbar</b>	<b>Semiautomatisk potential</b>	<b>Kommentar</b>
Vägar	Ja	?	<i>Vägar ses bra i alla typer av landskap och laserscannade data kan användas som stöd vid flygbildstolkning, framförallt i skogsmiljöer där vägarna annars kan vara svåra att se. För att automatiskt extrahera vägar så krävs utvecklingsarbete. Manuella moment kommer troligen också att kvarstå.</i>
Stigar	Ja	?	<i>Se, vägar</i>
Diken	Ja	?	<i>Se, vägar</i>
Vattendrag	Ja		<i>Se, vägar</i>
Hägnader	Ja	?	<i>I hägnader ingår stenmurar och renstängsel med mera. Stenmurar kan t.ex. ses i både öppen mark och skog men kartering kommer troligen att kräva manuell tolkning.</i>
Alléer	Ja	?	<i>Möjligt att kartera genom identifiering av enskilda träd. Karteringen kommer troligen att kräva manuell tolkning.</i>
Branter	Ja	Ja	<i>Kommer tydligt att framgå i en detaljerad höjdmodell från laserscannade data.</i>

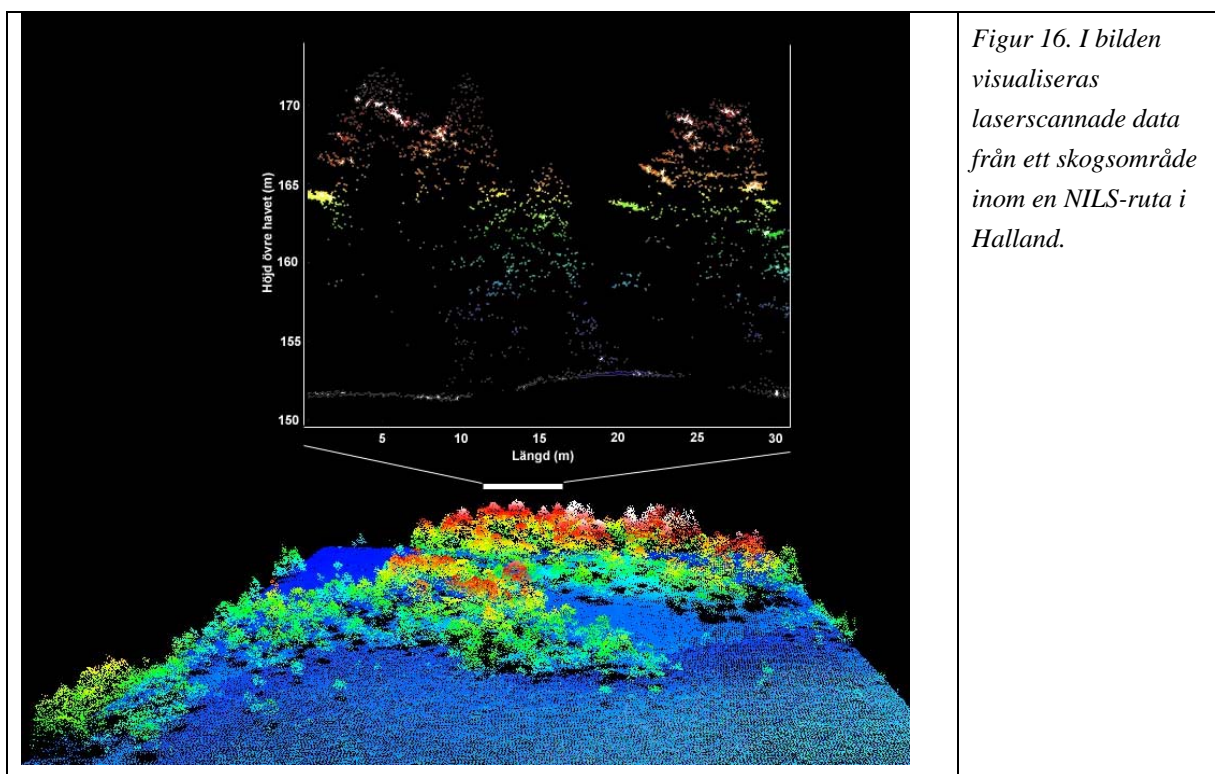
Skogskanter, kantzoner		?	<i>Laserscanning ger nya möjligheter att dela in skogskanter i olika zoner istället för linjeobjekt. Detta kräver utvecklingsarbete framförallt vad gäller definitioner.</i>
---------------------------	--	---	--

*Tabell 15. Tabellen listar punktelement som utpekats som viktiga i behovsanalysen och beskriver möjligheten att kartera/tolka dessa utifrån laserscannade data.*

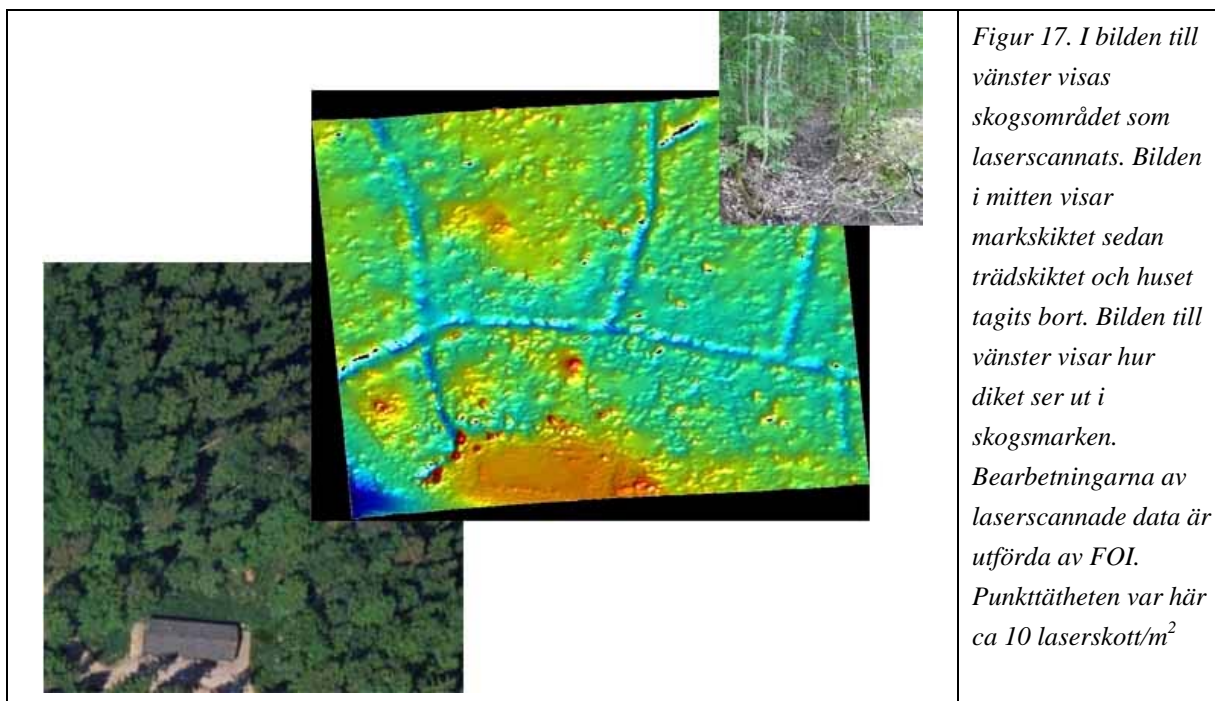
<b>Punktelement</b>	<b>Visuellt detekterbar</b>	<b>Semiautomatisk potential</b>	<b>Kommentar</b>
Byggnader	Ja	Ja	<i>3-D modellering av byggnader kan redan idag utföras med hög noggrannhet.</i>
Bredkroniga solitära träd	Ja	Ja	<i>Utifrån automatisk trädigenkänning och avgränsning av enskilda träd är det möjligt att separera trädkronor över en viss storlek.</i>
Stensamlingar	Ja	Nej	<i>Bedöms ha hög potential men kräver kombination med manuellt tolkning.</i>
Byggnadsverk i vatten	Ja	?	<i>Bedöms ha hög potential men kräver kombination med manuellt tolkning</i>

Laserscannade data kan representeras som punktmoln som visuellt är mycket lätt att tolka. Nedanstående exempel från en NILS-ruta i Halland visar hur enskilda träd är tydligt utskiljbara även i tät skog (Figur 16). I den undre bilden ses en skogsdunge genom vilken en profil har genererats (den övre profilen). Markens topografi är tydligt utskiljbar även om skogen är tät och trädtäckningen i området är närmare 100%. Ur dessa data går det också att få fram information om enskilda trädhöjder och buskskikt.





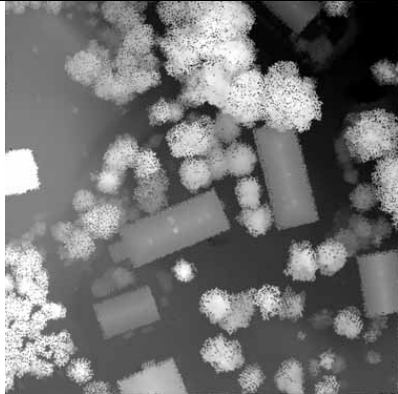
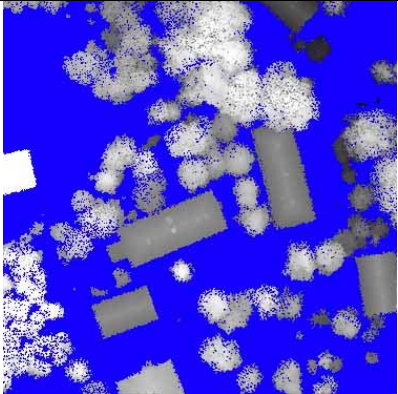
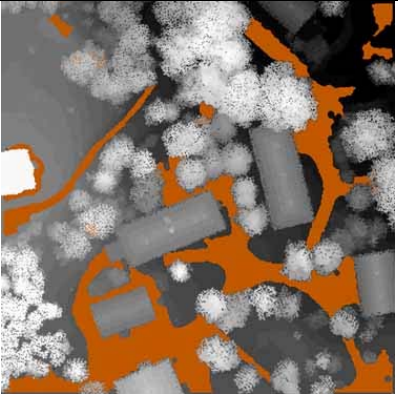

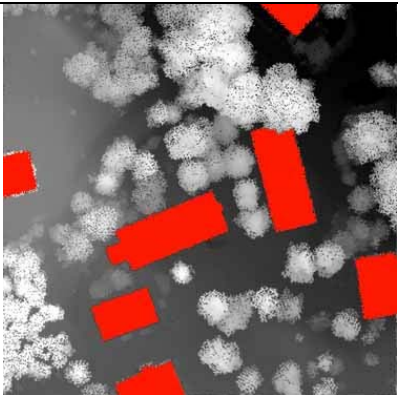
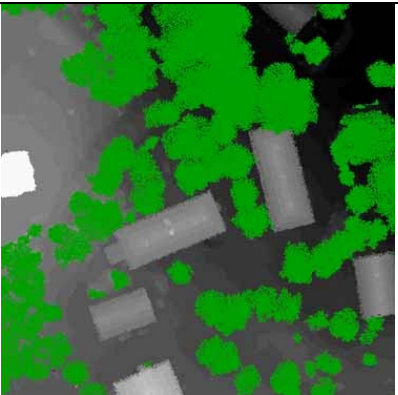
Här följer ett antal exempel från utförda studier på FOI och SLU med mera som visar på möjligheten att ta fram information som redovisas i Tabell 13-15.



Diken är synliga i en DEM (Digital markmodell) där punkttätheten överstiger approximativt 10 skott/m<sup>2</sup>. Även i relativt tät skog är diken visuellt synliga i laserscannade data (Figur 17). Diken och vattendrag över en viss storlek som inte täcks av skog på öppen mark och våtmarker kan därför också med hög säkerhet upptäckas.

Informationen från laserscannade data kan bland annat användas som underlag vid manuell tolkning i skogstäckta områden där det annars kan vara svårt att med någon högre noggrannhet kartera denna typ av information. På sikt är det ytterst intressant att se hur information om linjära objekt som diken och vattendrag kan extraheras med semiautomatiska metoder som lokal segmentering för att ytterligare underlätta bildtolkningen.

Figur 18a-f visar exempel från metodtester som utförts av Söderman och Persson på FOI

		
<i>Figur 18a. Höjd</i>	<i>Figur 18b. Klassificerad markyta</i>	<i>Figur 18c. Klassificerade vägar och vattendrag</i>
		
<i>Figur 18d. Intensitetsvärden</i>	<i>Figur 18e. Klassificerade byggnader</i>	<i>Figur 18f. Klassificerade träd</i>

*Bearbetningarna av laserscannade data är utförda av FOI.*

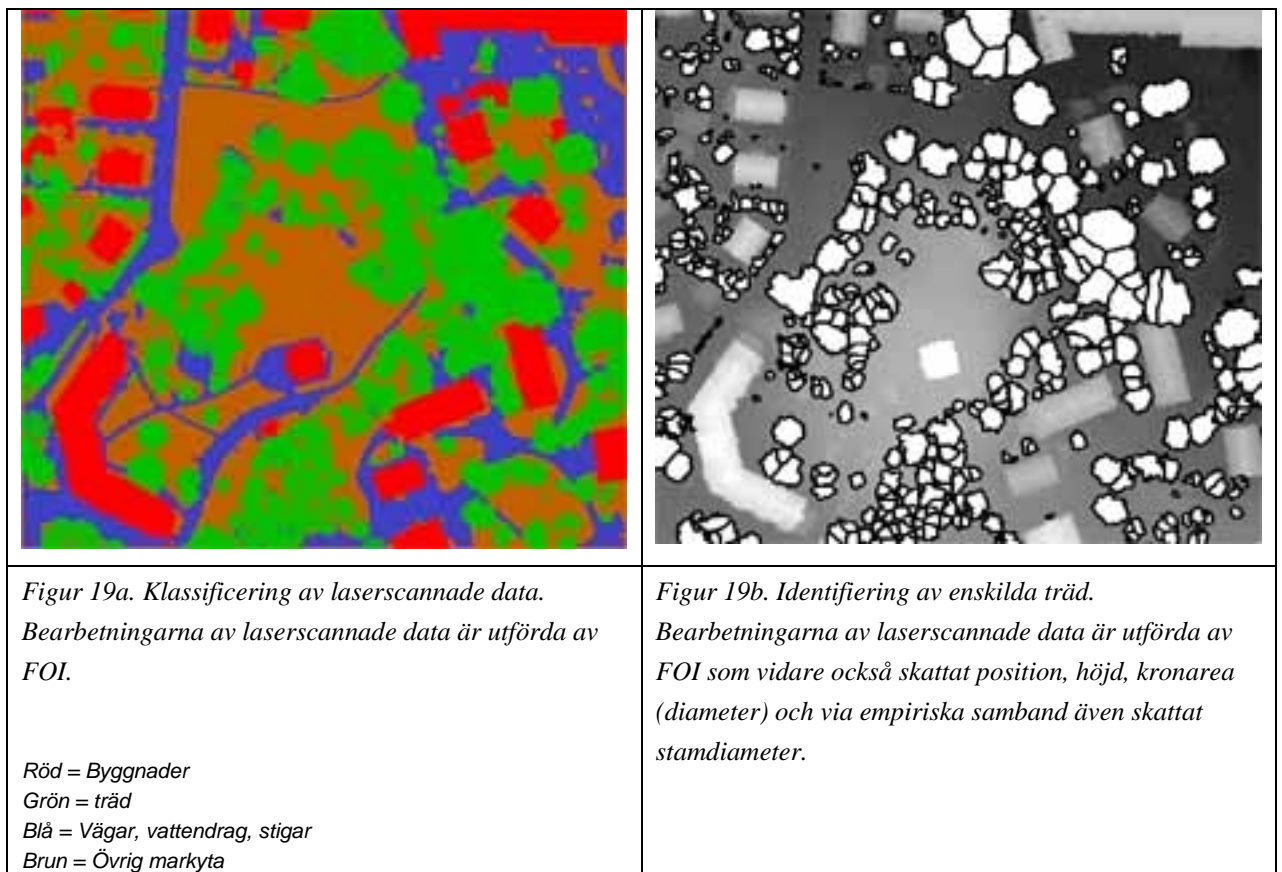
Metodtester visar att det är möjligt att extrahera många olika typer av information från laserscannade data (Figur 18a-f). Byggnader (Figur 18e) och träd (Figur 18f) kan relativt enkelt skiljas från markyta (Figur 18b). Från markytan (Figur 18d) kan vägar/vattendrag och anlagda ytor klassas ut via intensitetsdata (Figur 18c). Den resterande markytan kan då översiktligt sägas vara öppen vegetationstäckt mark.

Utifrån bearbetade laserscannade data har Söderman och Persson på FOI visat att det är möjligt att klassificera olika typer av objekt och vegetation och att det även är möjligt att utföra en viss ytavgränsning från dessa data. Det är dock viktigt att påpeka att om ytavgränsningar utifrån laserscannade data kräver metodutveckling. Det kommer också att krävas manuella kontrollmoment för att säkerställa kvaliteten på hela materialet. Som



exempel så måste vägar skiljas från vattendrag och när dessa är täckta av träd sammanbindas (Figur 18c).

Ett flertal studier har visat att det är möjligt att med god noggrannhet identifiera enskilda träd (Brandtberg et al., 2003; Holmgren & Persson, 2004; Moffiet et al 2005). Exemplet i Figur 19a-b visar på hur laserscannade data kan användas för identifiering av enskilda träd i bebyggd miljö.

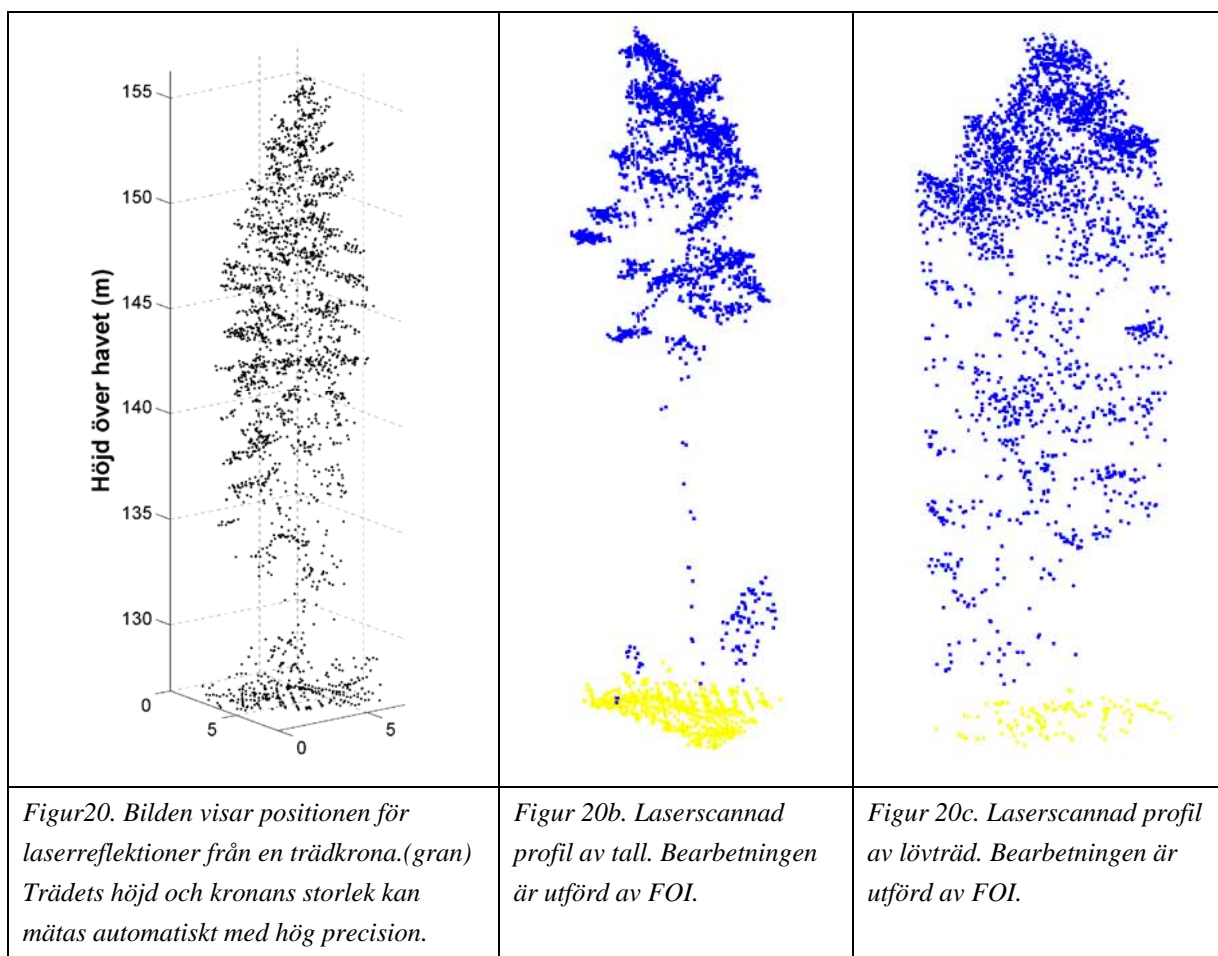


På SLU (Persson et al 2002) och FOI har man vidare skattat position, höjd och kronarea (diameter) (Figur 20). Via empiriska samband är det vidare möjligt att skatta stamdiameter. Dessa variabler ger tillsammans en god indikation av trädens ålder. Vid åldersbestämning av träd inverkar ståndort och det geografiska läget varför automatiska åldersbestämningar alltid ska hanteras med försiktighet.

Vid identifiering av enskilda träd är det vidare möjligt att från laserscannade data skilja på olika trädslag, framförallt mellan gran, tall och lövträd. I Figur 20a-c) visas exempel på profilerna av 3 olika trädslag (Holmgren och Persson 2004, Persson et al 2006).

Genom att nyttja informationen i digitala IRF-bilder tillsammans med laserdata ökar möjligheterna att automatisk kunna separera olika trädslag med hög noggrannhet där Persson et al 2006 visat att noggrannheten blir högre än med de enskilda metoderna.

Studier har visat att med en kombination av laserscannade data och digitala IR-bilder uppnås högre noggrannhet än med de enskilda metoderna



Det är också med digitala IR-bilder möjligt att automatiskt identifiera enskilda träd med varierande noggrannhet. Klassning av olika trädslag kan sedan utföras utifrån den spektrala informationen i IR-bilderna.

#### 4.4.1.1 Kapacitets- och kostnadsaspekter på laserscanning

Laserscanning kan på sikt bli ett kraftfullt verktyg för att fånga data på landskapsnivå. Redan nu har ett flertal länder scannats för produktion av främst digitala markmodeller. Då det gäller kartering av vegetation på landskapsnivå, så marknadsförs en regressionsbaserad metod för skogliga skattningar av det norska inventeringsföretaget PREVISTA. Det svensk-norska företaget FORAN har också börjat marknadsföra en metod för kartering av de flesta enskilda träd i boreal barrskog. Laserscanning har ännu så länge endast testats i liten utsträckning inom naturvården. Mycket utvecklingsarbete återstår därför, men potentialen är stor, t.ex. för att följa igenväxningsförlopp.

NILS landskapsrutor täcker lite drygt 1,55-1,57 miljoner hektar, fördelat på 5 års inventering. Tidsåtgången för att laserscanna denna areal är avhängt den måttäthet man väljer att använda. Vid en måttäthet på 10 punkter/m<sup>2</sup> är det inte säkert att tillräcklig kapacitet idag finns tillgänglig bland de nordiska operatörerna. Detta är troligen ett övergående problem då antalet operatörer och laserscanningssystem i Norden ökat starkt under senare år.

Kostnadsbilden för att beställa laserscanning har hittills varit ett hinder för beställaren och begränsat införandet av den nya tekniken. Grovt kan man räkna att kostnaden för laserscanning idag ligger på cirka 20 kr/ha. För NILS del skulle det medföra en total kostnad på drygt 31,5 miljoner kronor för hela stickprovet. Till detta pris ska också läggas kostnaderna för att lagra de stora datamängder som kommer genereras. För endast rådata innebär detta att vid 10 punkter/m<sup>2</sup> uppgår den totala datamängden till ca 28 TB. Till detta kommer kostnader för serverar och utveckling av analysystem.

Ett sätt att sänka kostnaderna kan vara att utveckla mätmetoder som nyttjar ett färre antal mätpunkter/m<sup>2</sup> eller begränsa den areal som mäts. Om endast marken, samt vegetationens höjd och struktur, men ej enskilda träd, trädslag, och små strukturer som diken och stenmurar, ska mätas, så räcker ca 1 punkter/m<sup>2</sup>. Kostnaderna för flygning och lagring och analys av data blir då väsentligt lägre.

## 4.5 Förslag på tolkningskoncept för landskapsrutan

Här redovisas förslag till tolkningskoncept för landskapsrutan. Förslagen ska tillsammans med resultaten utgöra beslutunderlag inför beslut om hur tolkningen av landskapsrutan ska utföras.

Utifrån respektive delresultat; manuell tolkning, segmentering och utredningen om möjligheter med laserskanning så finns flera möjliga lösningar att tolka landskapsrutan där 3 olika tolkningsscenarier utan innebörders rangordning har tagit fram.

I **scenario 1** redovisas en manuell lösning som bygger på en blandning av manuell flygbildstolkning och nyttjande av befintliga eller kommande GIS-data. Den manuella flygbildstolkningen säkrar en jämn kvalitet på resultatet.

I **scenario 2** redovisas en kombination av manuella och semiautomatiska metoder som bygger på manuell flygbildstolkning, nyttjade av befintliga GIS-data och segmentering, där segmenteringen utnyttjas för polygonavgränsning, framförallt i skog. Scenario 2 finns i två alternativ; med och utan nyttjande av kNN-Sverige. Det manuella momentet säkrar en jämn kvalitet på resultatet.

I **scenario 3** redovisas ett framtidsscenario där det är möjligt att kombinera data från laserskanning med segmentering, semiautomatisk klassning av segment och manuell flygbildstolkning tolkning/kontroll.

### 4.5.1 Scenario 1 - Den manuella lösningen

Den manuella lösningen är det dyraste alternativet där kostnadsberäkningar (Tabell 10, sid 30) visar det alternativ som baserats sig på *Tilläggsnivån*, sid 26, som genomförts vid de manuella tolkningstesterna inte är möjligt att utföra ens om tolkning av landskapsrutan genomförs vart 10:e år.

En av de stora fördelarna med en manuell tolkning med stöd av GIS-data är att tolkningen blir enhetlig och samma generaliseringsnivå blir möjlig för alla ytavgränsningar och variabler. Man slipper också de skalproblem och definitionsproblem som uppstår då man kombinerar data från olika källor.

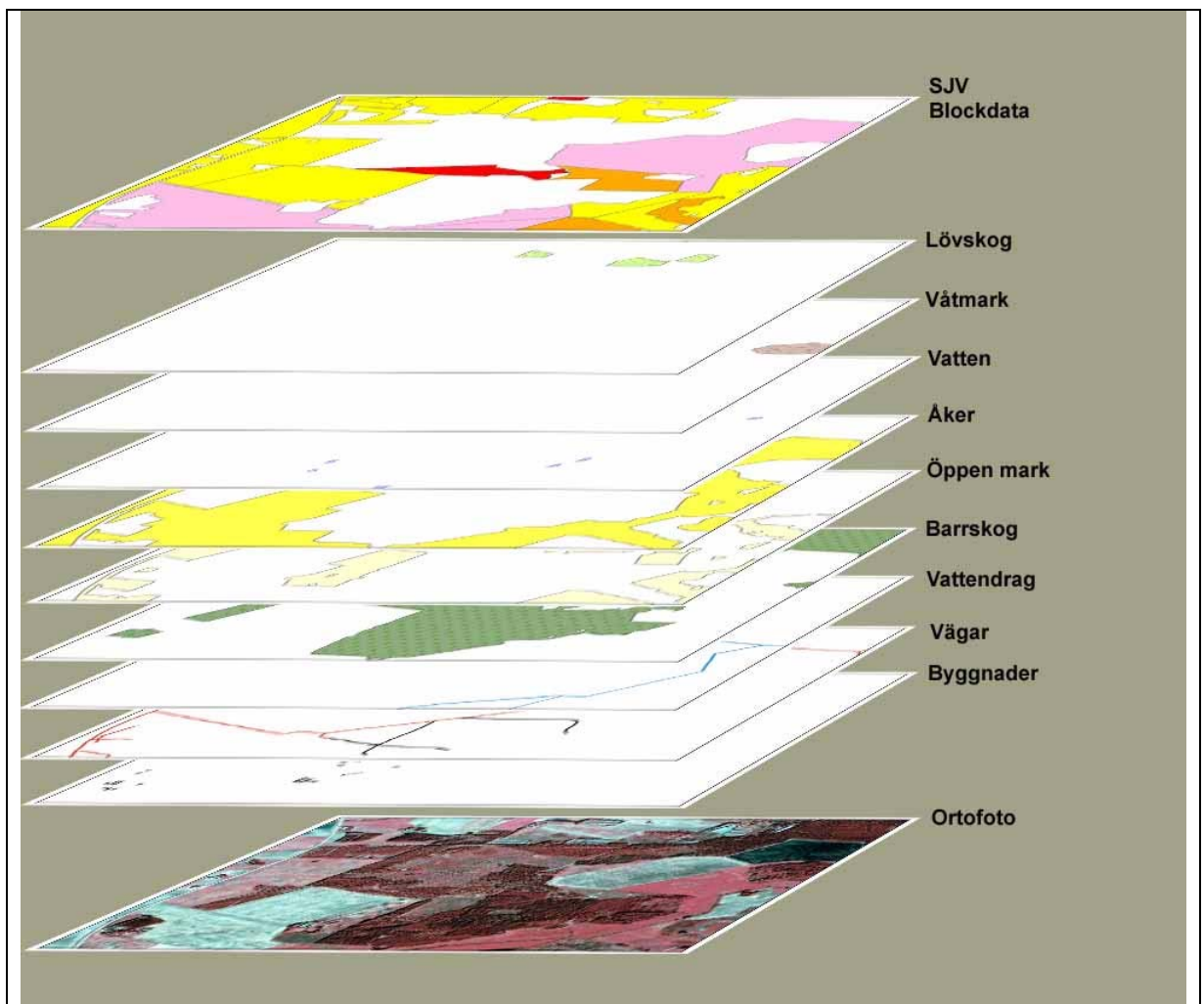
Förslaget med den manuella lösning som föreslås utgår att i största möjliga mån använda befintliga skikt från fastighetskartan. Enligt Figur 5b, sid 17 finns den fullständiga versionen

av fastighetskartan för 448 NILS-rutor, grundversionen finns för 103 rutor och fastighetskartan saknas för 85 rutor. För de rutor där fastighetskartan saknas används vägkartan som stöd.

GIS-data används som direkt eller som stöd vid tolkningen, se Figur 21 för exempel. Ortofotot i figuren exemplifierar hur marktäcket som tolkas ska se ut. All kontroll, editering och tolkning kommer dock att ske genom stereobetraktande i Summit Evolution.

I den föreslagna lösningen tolkas ingen busk- eller trädäckning och det sker ingen tolkning av fuktighet eller fält och bottenskikt. I och med att träd och busktäckning inte tolkas blir det inte möjligt att följa t.ex. igenväxning på någon detaljerad nivå i landskapsrutan. Substrattyp tolkas endast i fjällen och för stränder. De marktäckeklasser som blir möjliga att få utifrån denna tolkning presenteras i Bilaga 3.

För de rutor som saknar fastighetskarta får den manuella tolkningen ske utan stöd vilket gäller för de flesta fjällrutor.



*Figur 21. Principskiss över hur olika typer av befintliga GIS-data används direkt eller som stöd vid den manuella bildtolkningen. Vidare information som kan användas på sikt är våtmarksinventeringen (VMI), rikkärrsinventeringen med mera.*

För vidare beskrivning av detta exempel se stycket om hur tolkningstiden kan minskas, sid 34, vid den manuella tolkningen under rubriken resultat

Tavell 16. Sammanfattning av förslaget i Scenario 1 för tolkning av landskapsrutan

Skikt från fastighetskartan	Kommentar
Odlad åker	Hög noggrannhet, kan användas direkt. Editeras där enskilt lägesfel överstiger 30 m. Vid förändringar uppdatera skiktet genom manuell ytavgränsning. Åkermarksidentiteten överförs automatiskt. Markanvändning tolkas som enda variabel. SJV:s blockdatabas erbjuder visst stöd vid tolkning av markanvändning.
Lövskog	Kräver editering och komplettering. Lövskogsidentiteten kan överföras automatiskt. Markanvändning tolkas som enda variabel för att skilja skogbruk från betesmark.
Våtmark	Relativt hög noggrannhet och editeras där enskilt lägesfel överstiger 30 m. För att skilja mosse, kärr och blandmyr och dikade myrar krävs manuell komplettering. Fastighetskartan erbjuder stöd för kartering av trädtäckta myrar och dessa attribut är också möjliga att överföra automatiskt.
Öppen mark	Yttre gränslinjer har hög noggrannhet. Kräver manuell tolkning och ytavgränsning eftersom många marktäcketyper ingår i skiktet öppen mark. I skiktet ingår bland annat bebyggd mark, hårdgjord/belagd mark, anlagd grönyta, hedmark, stränder med mera. Tolkning sker genom underindelning i ett fåtal typer. SJV:s blockdatabas erbjuder visst stöd vid tolkning av markanvändning. För vissa typer tolkas markanvändning.
Vatten	Hög noggrannhet, kan användas direkt. Kräver manuell tolkning/komplettering för att skilja vatten med övervattenvegetation.
Barrskog	Kräver editering och komplettering. Hyggen och gammal skog måste avgränsas manuellt och blandskog måste skiljas från barrskog. Markanvändning skogsbruk skall anges.
Bebyggelse	Skiktet för bebyggelse hög, låg och industri har hög noggrannhet och kan användas direkt. Informationen om det är tätort, småort, fritidshusområde eller arbetsplatsområde överförs automatiskt från SCB.
Vägar	Vägar har hög noggrannhet och kan tas direkt. Editeras där enskilt lägesfel överstiger 30 m.
Vattendrag	Vattendrag har hög noggrannhet och kan tas direkt. Editeras där enskilt lägesfel överstiger 30 m.
Byggnader	Byggnader har hög noggrannhet och tas direkt. För bebyggd mark utanför tätort kan en buffertzona användas för automatiskt se till att byggnader inte ingår i åkermark. Tomter > 1 ha avgränsas manuellt.

Förslaget ovan representerar den lägsta nivå (basnivå) som är möjlig att föreslå för flygbildstolkningen och den svarar endast till en viss del mot de användarbehov som redovisats under resultat. För att skatta igenväxning på en någotsånär detaljerad nivå krävs kartering av busk och trädtäckning med mera vilket innebär det kommer att bli en betydande kostnad om flygbildstolkningen ska baseras på en manuell metod. Troligtvis kommer stickprovet inom NILS kilometerruta att ge tillräckligt underlag för detta på nationell nivå varför detta inte nödvändigtvis behöver prioriteras.



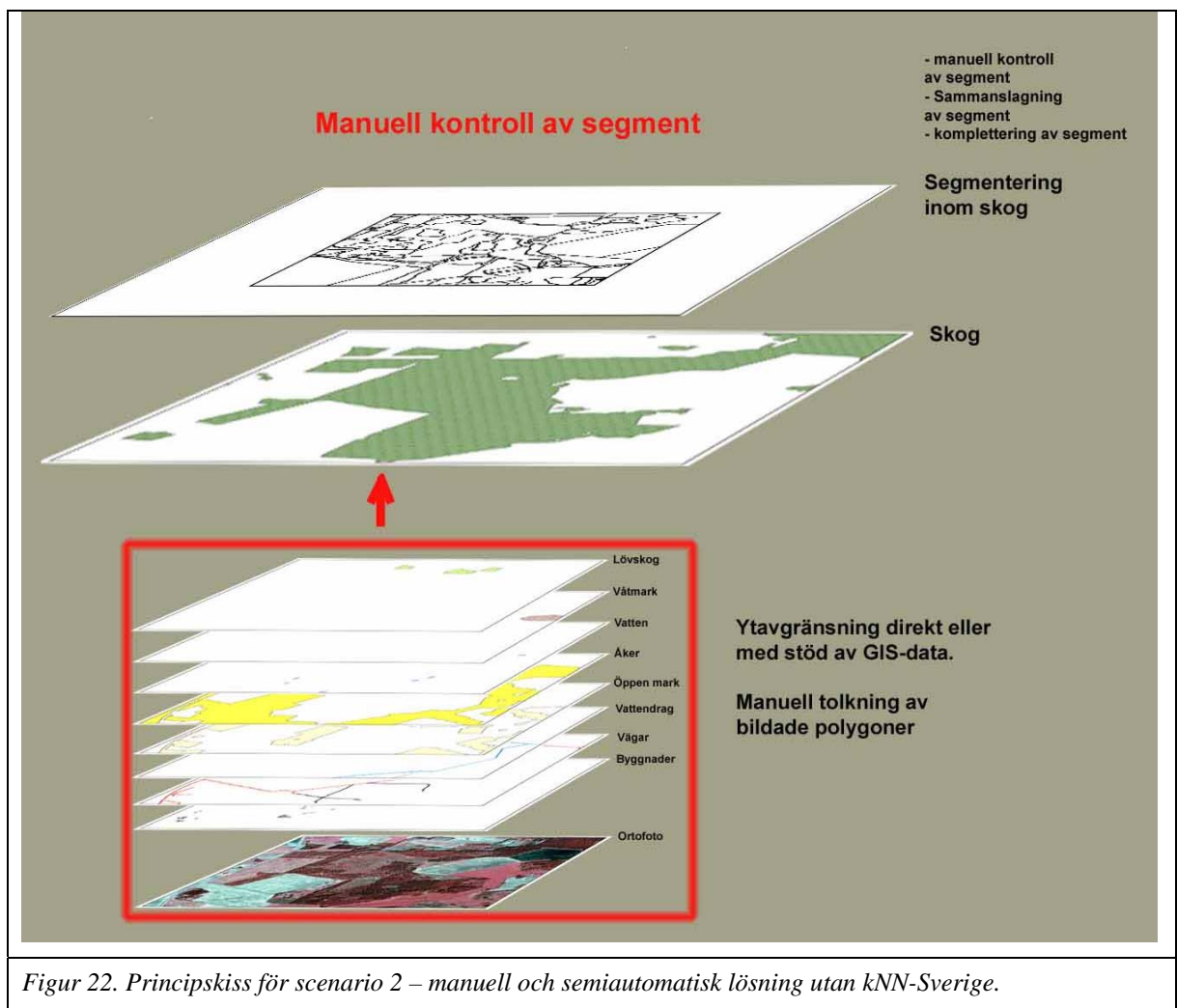
För att den manuella tolkningen ska svara mot användarbehov till exempel i urban miljö krävs en hög detaljeringsnivå i tolkningen. För att detta ska vara möjligt måste någonting annat nedprioriteras, eller så krävs extra medel för tolkningen.

#### 4.5.2 Scenario 2 – Den manuella och semiautomatiska lösningen

Scenario 2 presenteras i två versioner; utan och med kNN-Sverige. Anledningen till att scenario 2 delas upp är att användandet av kNN-Sverige medför en del specialfall vid analyser där data där kNN ingår eftersom skalan och generaliseringsnivån är en annan samt att kvaliteten varierar lite beroende på variabler med mera.

##### 4.5.2.1 Utan kNN-Sverige

Ytgränserna för skog tas från fastighetskartan där den finns, i övrigt från vägkartan. Gränserna kontrolleras och kompletteras vid behov för att få en så aktuell och korrekt skogsmask som möjligt. Inom masken för skog utförs sedan segmentering med en segmenteringsprogramvara (Figur 22). Övriga områden karteras på samma sätt som i den föreslagna lösningen i Scenario 1.



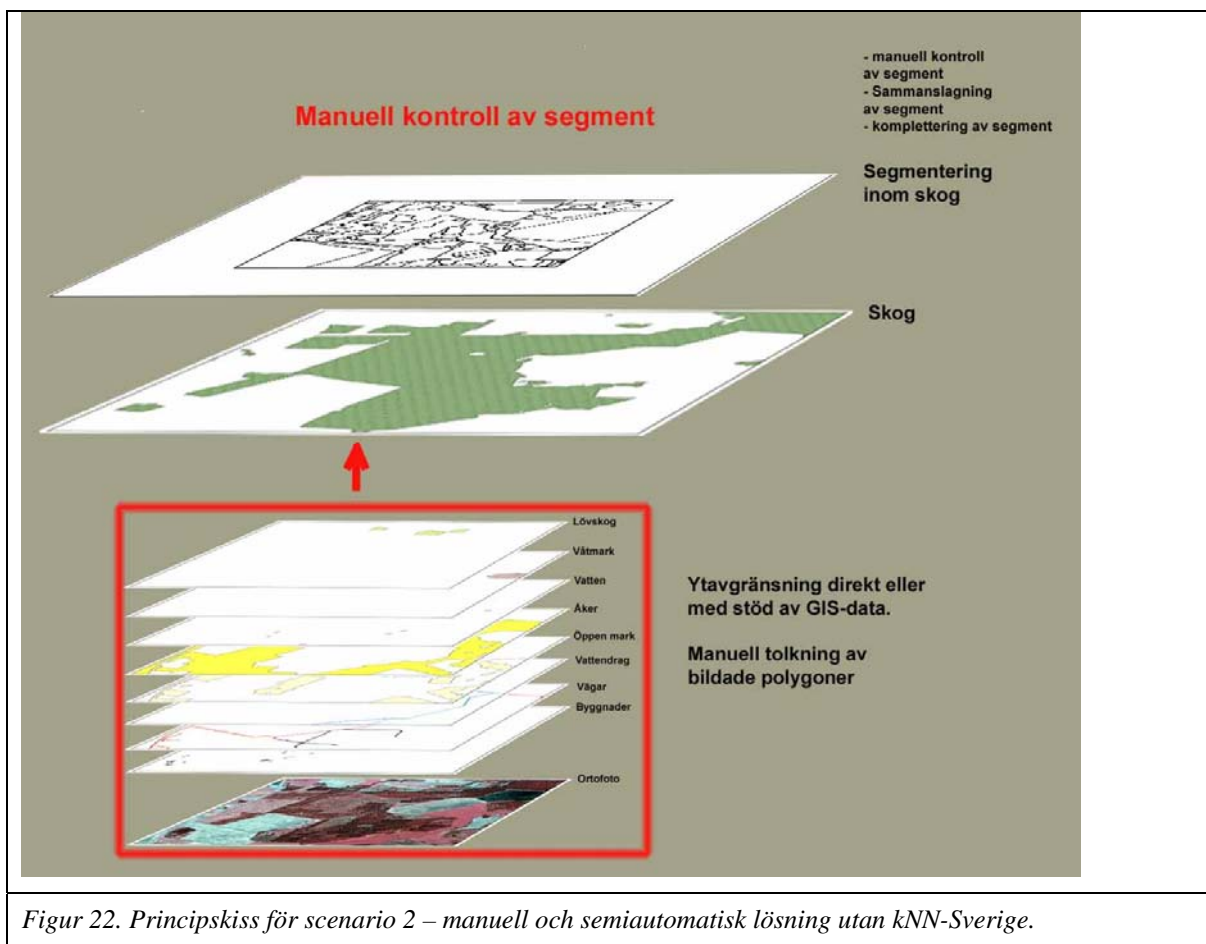
Figur 22. Principskiss för scenario 2 – manuell och semiautomatisk lösning utan kNN-Sverige.

Tidsåtgången minskas eftersom en majoritet av de manuella avgränsningar som utförs sker just i skog. De segment som bildas vid segmenteringen behöver kontrolleras manuellt och justeras. Framförallt bör genomgången av de segmenterade data innebära att segment läggs samman. I vissa fall krävs också kompletterande gränsdragningar (se Figur 10b, sida 29 och 11e, sid 30).

I dagsläget finns få operativa och utvärderade metoder för att klassificera informationen i de bildade segmenten med avseende på trädslag varför trädslagsbedömning i denna lösning föreslås ske manuellt. Klassificeringsmöjligheter finns dock i ett flertal segmenteringsprogramvaror men resultaten påverkas bland annat av bildkvaliteten samt tittvinkelvariationer inom den digitala IRF-bilden varför noggrannheten kommer att variera. För att erhålla en jämn nivå behöver därför dessa variablers inflytande, med flera, utredas närmare innan det genomförs på hela NILS stickprov. Det finns dock en betydande potential i att utveckla semiautomatiska metoder för trädslagsbestämning i digitala flygbilder, vilket skulle minska tidsåtgången för tolkning i skog betydligt. För att en jämn nivå på tolkningen ska kunna garanteras krävs dock en viss manuell kontroll och editering.

Detta förslag minskar tidsåtgången för tolkningen vilket innebär att kostnaderna blir något lägre. Tidsvinsten är dock inte så betydande att det blir möjligt att kartera trädtäckning och busktäckning varför det inte heller med denna föreslagna lösning blir möjligt att följa igenväxning på någon detaljerad nivå.

Den klassificering som blir möjlig utifrån detta förslag redovisas i Bilaga 3.



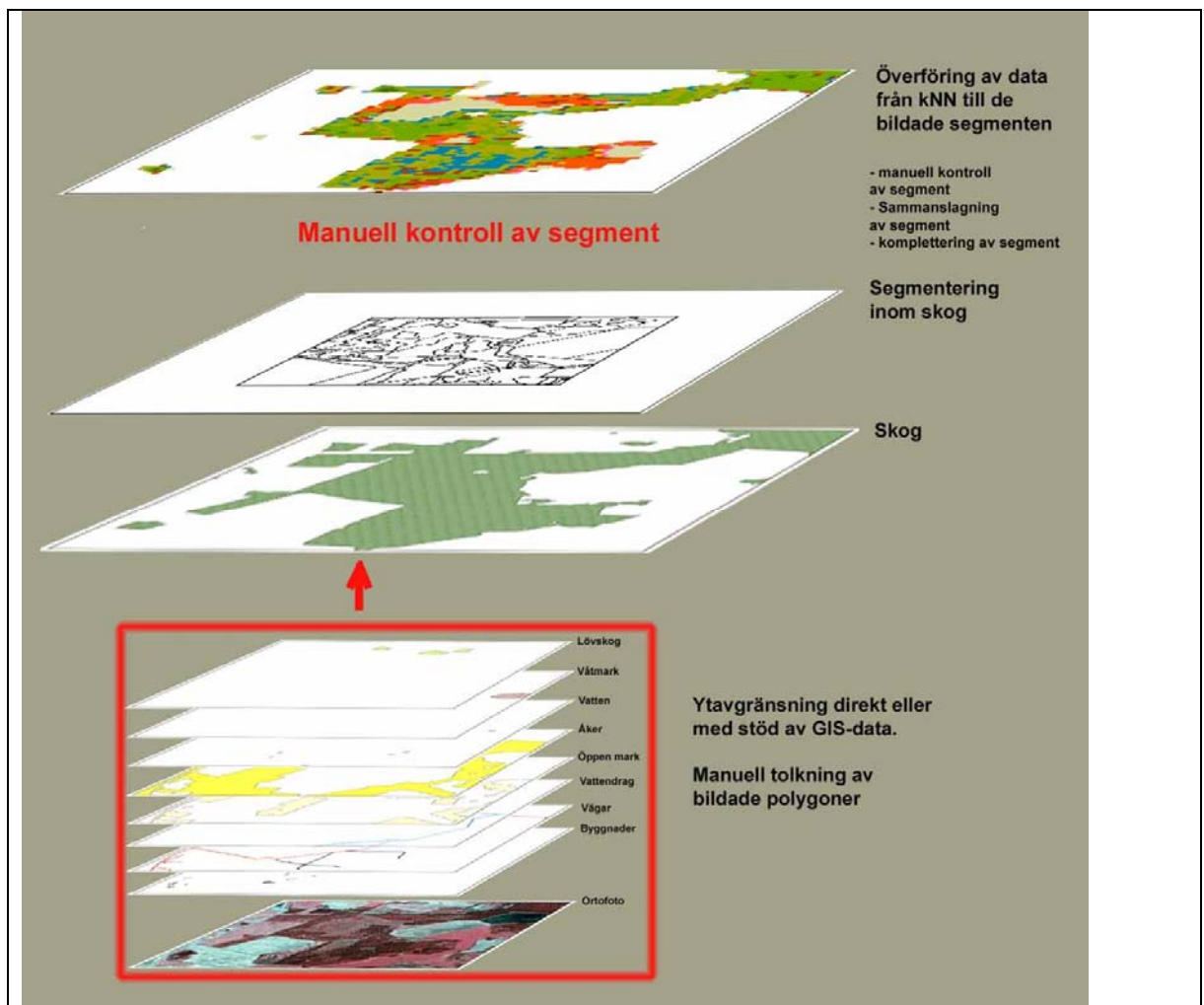
Figur 22. Principskiss för scenario 2 – manuell och semiautomatisk lösning utan kNN-Sverige.

I detta scenario diskuteras framförallt segmentering i skog som ett bra komplement till flygbildstolkningen. De tester som genomförts över fjällen visar dock att segmentering även där har en hög potential men det krävs vidare utredningar och metodtester innan en sådan metod kan föreslås.

#### 4.5.2.2 Med kNN-Sverige

Detta förslag är identiskt med förslaget utan kNN-Sverige med skillnaden att variablerna inom skog inte tolkas utan attribut från kNN överförs till de segment som skapats med en segmenteringsprogramvara (Figur 23). Dessa segment får då information från kNN om dominerande trädslag, medelålder, medelhöjd utan att detta behöver tolkas manuellt. Förslaget innebär också vissa skillnader i arbetsflöde där segment som består av kalhygge märks upp och tas bort via en manuell kontroll innan informationen kan överföras från kNN. En översiktlig rimlighetskontroll utförs av den överförda informationen.

Förslaget baseras på pixeldata från kNN-Sverige och inte den generaliserade produkt som är framtagen genom segmentering av satellitbilder (Landsat). Anledningen till detta är svårigheterna att hantera skikt från olika datakällor med stor skillnad i upplösning, för exempel på detta se Figur 14, sida 46. Det ska dock observeras att informationsinnehållet i satellitbilsdata från en tidpunkt är begränsat.



Figur 23. Principskiss för scenario 2 – manuell och semiautomatisk lösning utan kNN-Sverige.



### 4.5.3 Scenario 3 – Framtidscenario

Laserscannade data har en mycket stor potential att underlätta både ytavgränsning och tolkning av marktäckepolygoner i framtiden. Bearbetade laserscannade data kan tillsammans med andra dataunderlag som t.ex. digitala IRF-ortofoton användas som underlag för olika segmenteringsprocesser vilket kan vara en stor hjälp vid ytavgränsning av homogena ytor.

Redan idag finns utvecklade metoder för t.ex. automatiskt trädigenkänning av enskilda träd. Laserscannade data kan både med och utan kombination med ortofoton också användas för att skilja olika trädslag. När metoder för detta är färdigutvecklade kan detta minska tolkningstiden betydligt.

Information från en höjdmodell skapad med laserscannade data ger också underlag att utföra karteringar som tidigare inte varit möjliga t.ex. i skogsklädda områden. Detta innebär till exempel att information om vägar, diken, kulturbärande landskapselement kan karteras, vilket i dagsläget inte är möjligt. Höjdmodellen från laserscannade data ger även en god möjlighet att beräkna fuktighetsindex.

Laserscannade data ger också en god referens för framtiden, t.ex. då det gäller att automatiskt följa igenväxningsförlopp.

På SLU pågår under 2007 ett mindre projekt om möjligheterna för vegetationskartering med laserscannade data. I projektet ingår också ett examensarbete för att mäta busktäckning. Tester som genomförts inom bland annat detta projekt men ej utvärderats visar också på stora möjligheter att mäta trädäckning. Det är dock viktigt att poängtera att det förekommer stora skillnader i vad som går att upptäcka med laserscannade data beroende på upplösningen (egentligen punkttätheten) hos indata och i projektet på SLU ingår att utreda vilken upplösning (punkttäthet) som krävs för att detektera olika typer av markinformation.

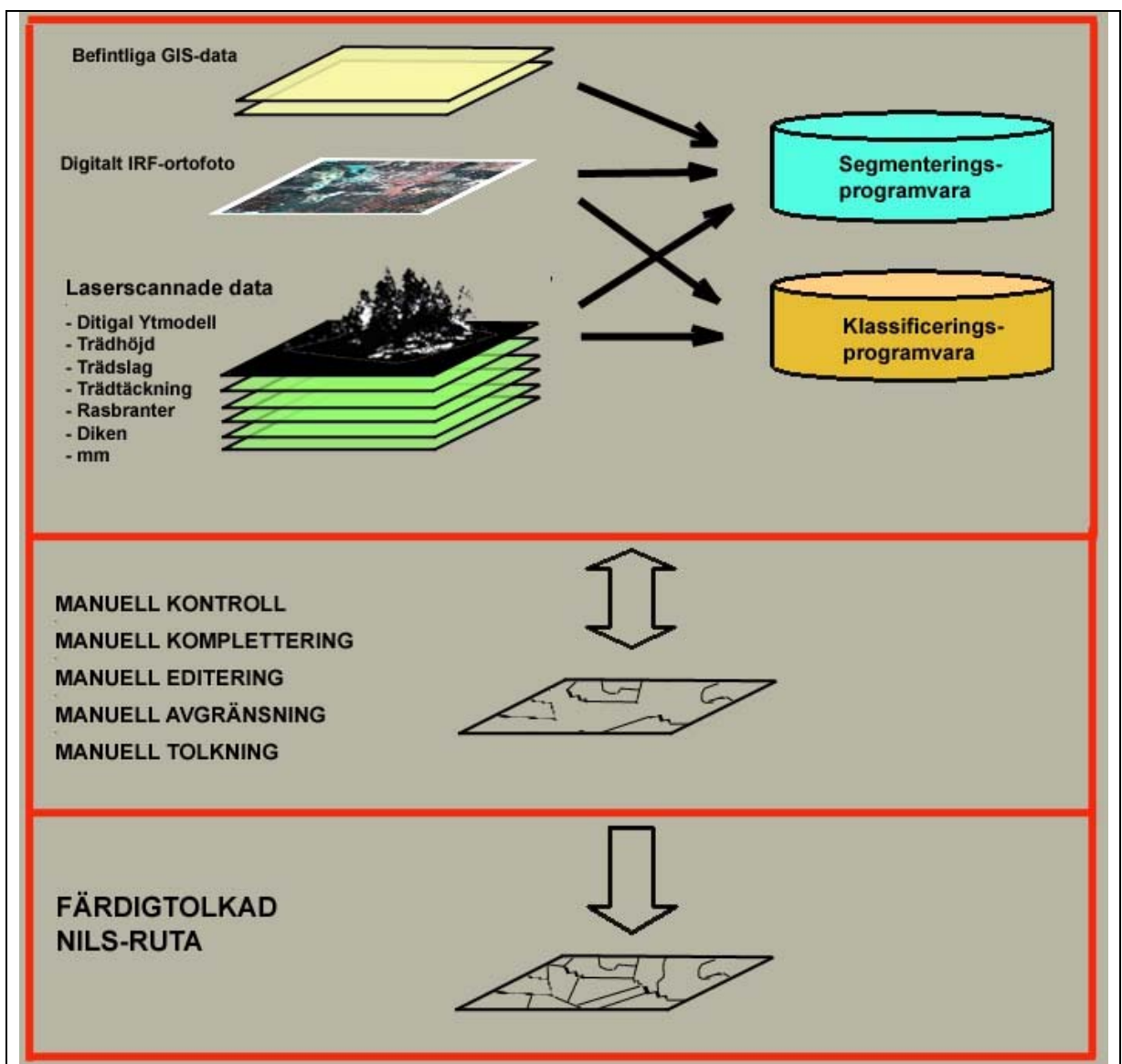
Den lösning som föreslås här är med några undantag inte möjlig att genomföra i dagsläget eftersom de metoder som diskuteras inte är färdigutvecklade och utvärderade. Detta scenario får därför ses som ett framtidsscenario. Förslaget bygger på en kombination av laserscannade data, digitala IRF-ortofoton, befintliga GIS-data (Figur 24). Metoderna baseras i så stor utsträckning som möjligt på segmentering och klassificering av bearbetade data för att minimera de manuella momenten. Metoderna kan även inbegripa stereomatchning av IRF-bilder (krontak, byggnader etc.) men för att detta ska vara möjlig krävs metoder för kompensation av vinkelberoendet inom flygfotograferade bilder.

Tidsåtgången för tolkning bör med detta förslag kunna minskas betydligt. De olika processerna med att extrahera information från laserscanning och utföra segmentering kommer dock att ta en hel del tid i anspråk, denna tid måste givetvis också räknas in i tolkningstiden. Det är dock inte möjligt att utföra någon tidsuppskattning av detta i dagsläget. Många förbearbetningsprocesser bör till stor del kunna automatisera och genomföras på materialet som en engångshändelse vilket gör att tidsåtgången per NILS-ruta inte behöver bli betydande.

Enligt detta förslag ska det vara möjligt att utföra en tolkning som kan omvandlas till klasser enligt Bilaga 2. De flesta av de utpekade användarbehoven under resultat ska då kunna

tillgodoses. Troligtvis kommer denna typ av data också medföra att nya typer av analyser blir möjliga.

NILS följer dock alla landskapstyper med avseende på bland annat marktyp, markanvändning och förändring i ett mycket varierande landskap. Det är därför inte troligt att någon metod ska kunna appliceras med samma noggrannhet i alla miljöer och det kommer alltid att behövas en manuell flygbildstolkning för att kartera element och egenskaper som inte kan fångas upp med automatiserade metoder. Vidare kommer gränser och tolkningar att behöva editeras för att försäkra att det tolkade materialet innehåller en jämn kvalitet utifrån de regler och definitioner som framarbetats i tolkningsmanualen.



Figur 24. Principskiss för scenario 3 – Framtidsscenario. Scenariot bygger på en kombination av laserscannade data, segmenterings- och klassificeringsrutiner samt manuell kontroll, editering och bildtolkning genom stereobetraktande av IRF-flygbilder.

## 5 DISKUSSION

### 5.1 Satellitbilder eller ortofoton vid segmentering

Möjligheterna att utföra segmentering av ortofoton har flera stora fördelar jämfört med att använda satellitbilder. Genom att ortofoton kan genereras från redan inköpta IRF-flygbilder så krävs ingen extra kostnad för inköp av bilder. Genom den lägre flyghöjden vid fotograferingen av flygbilder och möjligheterna till flexibel planering av flygrutter så innehåller flygbilder också en lägre andel moln per bild än satellitbilder. Den högre upplösningen hos ortofoton (ca 0,5 m) jämfört med satellitbilder, 10-15 m för SPOT och 25-30 m för Landsat, ger också mjukare och tydligare avgränsningar av homogena områden (polygoner).

Nackdelarna med ortofoton är dock att den höga upplösningen ibland innehåller ”lite för mycket” information vilket gör att det krävs en hel del efterbearbetningar. Många segmenteringsprogram innehåller dock rutiner för detta. Dessutom finns en betydande risk för att tittinkelvariationer inom bilden ger olika kriterier för segmentering i olika delar av bilden.

Fördelen med satellitbilder är att de innehåller information i fler våglängdband än en flygbild och att tittinkelvariationen är väsentligt mindre. Flygbilden registrerar information inom det gröna, röda och nära infraröda våglängdsområden. Satellitbilder registrera information inom ett bredare område i det nära infraröda området samt registrerar information i mellan-IR området. Information i IR och mellan IR är ofta värdefull när det gäller att skilja olika typer av vegetation.

### 5.2 Skalar och karteringsenheter

Utifrån utredningen om användarnas behov är det tydligt att det behövs olika karteringsenheter för att fånga den detaljnivå som vissa användare önskar. Vid bildtolkning är det möjligt att definiera olika karteringsenheter för olika typer av miljöer med detta medför också vissa problem.

För den manuella tolkningen så kan det till exempel vara tidkrävande att ställa om sig från en karteringsenhet till en annan i olika miljöer. Om miljön ändras från den första bedömningen så kan också ett helt landskapsavsnitt behöva karteras om. Vidare så uppstår problem vid gränsfall; ”är ett objekt tillräckligt stort eller inte?” vilket gör att det kan förekomma en del personvariationer på hur små objekt som kommer med vid avgränsningen. Vid tolkningen finns möjlighet att beräkna arean av ett objekt men detta är också ett tidskrävande moment.

Problem uppstår också vid användande av befintliga GIS-data från olika datakällor olika data är framtaget för andra ändamål än vad som är syftet med NILS. Skalar och minsta karteringsenhet varierar beroende på datakälla. För att använda data från flera olika datakällor krävs förutom väl definierade metadata också regler och definitioner för till exempel hur man ska slå samman små befintliga objekt med större objekt. Ju fler datakällor man använder desto mer försvåras förbearbetning och analys genom att olika datakällor har olika skalar, noggrannheter och definitioner etc.

För att kunna använda flera datakällor med olika skalor, definitioner etc. så krävs att materialet utjämnas till en enhetlig skala för att analyser ska vara möjliga att utföra på hela materialet. I de fall man tillåter skalskillnader att förekomma så kan inte enhetliga analyser utföras med samma noggrannhet. Olika skalor och noggrannhet kommer att kräva strikta regler för vilka typer av analyser som är möjliga att genomföra på specificerade typer av data vilket komplicerar analyserna.

Om den slutgiltiga lösningen för tolkning av landskapsrutan innehåller data från olika källor utan att det utförs någon manuell kontroll som utjämnar materialet behöver skalskillnadernas betydelse vid dataanalys utredas närmare.

### **5.3 Manuell och GIS-stödd tolkning**

Förslaget med den manuella och GIS-stödda tolkningen baserar sig på ett system med tolkning av variabler på liknande sätt som inom ordinarie NILS. Anledningen till detta är att ett sådant system underlättar tolkningar av förändringar där förändringsanalyser kan utföras på en helt annan nivå än där grunden utgår från en marktäckeklassificering. Genom att tolka variabler kan förändringar följas med mått "per enskild variabel" istället för mått på "enskilda objekt". Ett exempel är igenväxning där man vid tolkning av busks och småträdstäckningen får en möjlighet att studera skillnader inom objekt. Vid en marktäckeklassificeringsapproach behöver förändringarna vara så stora att objektet byter marktäckeklass innan förändringar kan noteras.

Troligtvis kommer den detaljerade tolkningen inom NILS kilometerruta att ge ett tillräckligt stort underlag för vanligt förekommande och relativt vanligt förekommande typer varför det inte nödvändigtvis krävs en registrering av så många variabler inom landskapsrutan. För de mer ovanliga typerna kanske det ändå kan vara motiverat att följa vissa typer av variabler på en detaljerad nivå.

### **5.4 Segmentering**

Segmentering är en teknik under stark framväxt som kan utgöra ett viktigt komplement till manuell flygbildstolkning.

Segmenteringsprocessen tar också tid att genomföra och måste räknas i tiden det tar att utföra flygbildstolkningen. För att det ska löna sig att använda segmentering som en del av flygbildstolkningsprocessen så behöver segmenteringen utföras mer eller mindre automatiskt på så många bilder som möjligt för att få ner processkostnaden per bild. I de fall segmenteringen utförs på ortofoton måste segmenteringen idag ske bild för bild. Processen är dock möjlig att bygga upp som en serie där bilder processas separat i en bildserie. Anledningen till att bilderna måste hanteras separat är att det kan förekomma stora olikheter mellan bilderna och dessa är inte möjliga att utjämna radiometriskt eftersom det inte förekommer någon överlapp inom NILS stickprov.

Metoder för hur segment vidare kan klassificeras med automatiska metoder baseras vanligen på den spektrala och texturella informationen i bilderna. Teknikerna för detta är delvis ännu på forskningsstadiet men där finns en stor potential för att ytterligare underlätta bildtolkningsarbetet på sikt.

De svårigheter som finns med att automatiskt klassificera ortofoton, från flygfotografier tagna på normalhöjd (4800/9600m), beror bl.a. på effekter av parallaxförskjutningen (exempelvis lutande träd i originalbildkanterna), varierande belysningsförhållanden över bilden (exempelvis med- och motljus) och temporala variationer mellan flygbilder inom och mellan flygstråk (exempelvis olika solhöjd och disförhållanden).

För analogt fotograferade flygbilder tillkommer även variationer mellan bilderna pga. varierande framkallning och skanning. Det finns således en stor mängd variation i bilderna som inte beror av egenskaperna på marken och som dessutom är svåra att få kontroll över. Dagens moderna ortofotoproduktionssystem reducerar förvisso automatiskt variationer mellan flygbilderna inom ett ortofoto och mellan ortofoton. Denna korrigering utförs dock mer av estetiska skäl än för klassningsändamål.

Genom de nya digitala flygkamerorna och påföljande digitala ortofotoproduktion ökar möjligheten att klassa automatiskt, pga. färre icke-kontrollerbara variationer mellan bilderna. Önskvärt vore dock att metadata om använda flygbilder bifogades varje ortofoto, med exempelvis information om respektive flygbilds geografiska täckning, lodlinje och belysningsförhållanden.

De tester som genomförts visar också att det krävs en del utvecklings av segmenteringsprogramvarorna för att minimera kontroll och onödiga efterbearbetningar. Programvaran Dianthus Raster Segmentering är ett relativt nytt segmenteringsprogram som utvecklats av Dianthus AB i nära samarbete med Holmen Skog AB. Programmet har stor utvecklingspotential och en fördel med just denna programvara är att utveckling kan ske i nära samarbete med programleverantören. Vissa av de förslag på förbättring av programvaran som listas nedan diskuteras idag med Holmen Skog AB. Följande utvecklingar av programmet är möjliga inom en nära framtid:

- Genom att lägga in i förväg bestämda gränser kan segmenteringen förbättras ytterligare. Exempel på fasta gränser i naturen är vägar och vattendrag. Andra gränser som kan vara möjligt att lägga in är yttergränser mot våtmark och odlad åker samt tätortsgränser och småortsgränser (bebyggelse)..
- Automatiskt borttagning av idag onödiga ormliknande utstickare från segmenten.
- Möjlighet att utföra segmentering över bildkanter.
- Batch-segmentering av flera bilder för att minska operatörsberoendet
- Automatisk justering av segmenteringsparametrar genom föranalys av bildstatistik.
- Bättre verktyg för klippning och sammanslagning av segment, så att även tillhörande statistik ”klipps” och slås samman vid dessa redigeringsoperationer.
- Integrering av klassnings- och klustringsrutiner i programvaran.
- Vidareutveckling av texturanalysen.

## 6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

### 6.1 Slutsatser

Användarnas behov i landskapsrutan liknar behoven i kilometerrutan med den främsta skillnaden att informationen kan vara mer översiktlig förutom för sällsynta typer där detaljerad information efterfrågas. Det främsta behovet är att kunna följa landskapets sammansättning och utveckling på en översiktlig nivå genom olika typer av landskapsanalyser. Användarna har dock svårt att peka ut specifika önskemål för enskilda arter eller typer utan det är tydligt att enkla och generella mått är det som krävs i första hand.

De olika detaljeringsgrader som efterfrågas kan dock medföra vissa problem, speciellt där frågor ska ställas till hela tolkningsunderlaget. Basnivån på de analyser som utförs bör därför utgå från samma detaljeringsgrad men det ska även vara möjligt att göra vissa utplock som underlag för andra ändamål och specificerade frågeställningar som motiveras av användarbehoven.

Inom skog och våtmarker så efterfrågas endast en översiktlig nivå på tolkningen varför minsta karteringsenhet föreslås vara 1 ha med undantag av hyggen (0,5 ha). Inom bebyggd miljö och till viss del inom odlingslandskapet och kust och stränder finns dock önskemål om en mer detaljerad nivå varför karteringsenheterna där föreslås vara mindre. Tyvärr ökar kostnadsbilden ju fler ytor som avgränsas och tolkas varför det inte är möjligt att rekommendera någon mindre enhet än 0,5 ha för att hålla kostnaderna nere. Den enhet på 0,25 ha som används inom Natura 2000 skulle om kostnaderna medger det annars utgöra en lämplig minsta enhet för landskapsrutan.

Vad gäller semiautomatiska metoder som segmentering så ger satellitdata ofta ett bättre men mer generellt resultat. Digitala IRF-ortofoton erbjuder mer problem men också större möjligheter för en detaljerad kartering. Digitala IRF-bilder har också den stora fördelen att de alltid kommer att överrensstämma med NILS stickprov i form av täckning och aktualitet varför de ändå rekommenderas utföra en bas för tolkningen av landskapsrutan med semiautomatiska metoder.

Det finns flera tillgängliga segmenteringsprogramvaror på marknaden. Av de programvaror som testats i denna studie genererade Dianthus Raster Segmentering de bästa resultaten. Segmenteringstekniken behöver dock utvecklas vidare för att passa de ändamål som finns inom NILS och där har Dianthus Raster segmentering den stora fördelen att utveckling kan ske i nära samarbete med leverantören. Programvaran eCognition har på andra håll använts med goda resultat varför eCognition troligen är ett bra alternativ när segmenteringsfunktioner ska användas som underlag vid bildtolkningen av landskapsrutan.

Laserscanning utgör ett mycket intressant alternativ för datafångst där bearbetningar av laserscannade data både kan användas som stöd vid flygbildstolkningen och generera data som direkt kan överföras till tolkningsdatabasen. Exempel på sådant som redan nu är möjligt är trädhöjder och trädslag. Fortfarande krävs dock en hel del metodutveckling och resultaten behöver utvärderas i större skala innan de kan omsättas inom ett miljöövervakningsprogram. Vidare är laserscanning också en relativt dyrt metod varför den inte är möjligt att införa inom någon närmare framtid.

Av de tolkningsscenarier som föreslagits utgår **Scenario 1** på grund av att det inte är kostnadseffektivt möjligt på grund av tidsåtgången för tolkningen. **Scenario 3** utesluts eftersom det inte är möjligt att genomföra i dagsläget eller inom den närmaste framtiden. Förslaget bedöms inte heller vara kostnadseffektivt möjligt att utföra inom ramen för NILS. Genom samordnade intressen mellan de avnämare som ingått i informationsanalysen (Esseen et al., 2004) borde ändå viss möjlighet finnas att genomföra en engångsinsats över NILS stickprov men detta kvarstår att utreda. **Scenario 2** i kombination med kNN blir den lösning som har högst potential att utföras till en rimlig kostnad. Det nuvarande tolkningsförslaget är dock inte konkurrenskraftigt varför ytterligare begränsningar måste införas. Detta behöver därför utredas ytterligare och detaljerade metodtester behöver utföras innan en slutlig metodik kan fastslås.

Förutom föreslagna scenarier finns ytterligare ett alternativ som utan vidare utveckling eller studier kan vara möjligt att genomföra i dagsläget. Alternativet svarar dock endast mot ett fåtal av de användarbehov som påtalats i Arb rapport 132 (Esseen et al., 2004) eller sammanfattats under resultat. Alternativet som måste ses om en nödlösning grundar sig på att homogena områden avgränsas genom manuell tolkning med stöd av GIS-data (enligt Scenario 1). En viss kvalitetskontroll av gränsdragningar utförs. För varje ytojekt tolkas marktäckeklass enligt Bilaga 3 där så många klasser som möjligt överförs automatiskt eller tolkas med stöd från befintliga GIS-data. Betesmarker överförs dock från nivå 2 till nivå 1. I skogmark överförs information från kNN (enligt Scenario 2) där den förekommer, för övriga ytor anges markslagsklass manuellt. Polygoner som överlagrar betesmark som finns angiven i SJV:s blockdatabas blir betesmark. För ytojekt som inte ingår i blockdatabasen anges betesmark direkt som egen markklass vid tolkningen. Tolkningen av landskapsrutan består då endast av en generell klassificeringsnivå vilket gör att främst vissa typer av landskapsanalyser baserade på kvantitativa data är möjliga att utföra. Ytavgränsningen bedöms kunna utföras på 4-6 timmar utifrån de utförda studierna (Tabell 9, sid 29) och en bedömning av hur tolkningstiden minskas genom förslaget i Scenario 1. Marktäckebedömning av de ytojekt som inte fått attribut automatiskt bedöms kunna utföras på ca 4-6 timmar vilket medför att tolkningstiden per ruta bör kunna bli 1-1.5 arbetsdagar. Observera att uppskattningen av tolkningstiden endast är en grov bedömning och tidsstudier behöver utföras för att ge en exakt siffra.

## 6.2 Rekommendationer

Av de föreslagna scenarierna är scenario 2 med data från kNN den metod som har högst potential att vara kostnadseffektiv. Metoden behöver dock avgränsas ytterligare och där krävs vidare arbete. Bland annat behöver det utföras detaljerade metodtester för att få en mer exakt uppfattning om kostnadsbilden för förslaget. Eventuellt bör tolkningstester genomföras hos mer än en utförare.

Segmentering är en teknik som i dagsläget kräver en viss vidareutveckling för att anpassas till de ändamål som finns inom NILS. Potentialen med segmentering i fjällen bör till exempel utredas närmare.

Laserscannade data har som tidigare nämnts en hög potential att både direkt och indirekt bidra med information till tolkningen. Trots den höga kostnaden för laserscanning och bearbetning av laserscannade data så bedöms detta som mycket intressant varför vidare forskning på detta område bör prioriteras.

. Tolkning med punktgittermetodik kan användas för att följa kvantitativa trender för vanliga företeelser och punktfrekvensmetod bör övervägas för att följa vissa typer av förändringar.

För att minska kostnadsbilden för tolkningen med en god detaljeringsnivå bör omdrevstakten utvärderas. Vid ett omdrev vart 10:år skulle ungefär dubbelt så mycket tolkning vara möjligt att utföra jämfört med en omdrevstakt vart 5:e år. Konsekvenserna av en annan omdrevstakt för landskapsrutan jämfört med kilometerrutan bör dock utredas.



## REFERENSER

- Allard, A., Essen, P.-A., Holm, S., Höglström, M., Marklund, L., Nilsson, B., Reese, H., Wikberg, J. 2007. Fångst av vegetationsdata och Natura 2000 habitat i fjällen genom flygbildstolkning i IRF med punktgittermetoden. Arb rapport 172, *in press*. ISRN SLU-SRG--AR--172--SE
- Allard, A., Löfgren, P., Sundquist, S. 2004. Skador på mark och vegetation i de svenska fjällen till följd av barmarkskörning. Arb rapport 126. ISRN SLU-SRG--AR--126--SE
- Allard A, Nilsson B, Pramborg K, Ståhl G och Sundquist S. 2003. Instruktion för bildtolkningsarbetet vid Nationell Inventering av Landskapet i Sverige NILS
- Allard, A., 2003. Vegetation changes in mountainous areas: a monitoring methodology based on aerial photographs, high-resolution satellite images, and field investigations. Avhandling nr 27, Institutionen för naturgeografi och kvartärgeologi, Stockholms universitet.
- Blom, G. and Ihse, M. 2001: The Swedish LiMproject – Landscape Inventory and Monitoring –in G. Groom and T. Reed (eds) Strategic monitoring for the Nordic Countries – TemaNord 2001:523 pp 29–30.
- Brandtberg, T, Warner, T.A., Landenberger, R.E. and McGraw, J.B. 2003. Detection and analysis of individual leaf-off tree crowns in small footprint, high sampling density lidar data from eastern deciduous forest in North America. *Remote Sensing of Environment*, 85, pp.290-303.
- Esseen, P.-A., Allard, A. och Nilsson, B. 2006. Fångst av vegetationsdata och Natura 2000 habitat i fjällen genom flygbildstolkning med punktgittermetodik. Inst. för skoglig resurshushållning och geomatik, Sveriges Lantbruksuniversitet, Umeå. Preliminärversion., 30 pp.
- Esseen P-A, Glimskär A, Ståhl, G., Sundquist, S. 2003-2006. Fältinstruktion för nationell inventering av landskapet i Sverige NILS.
- Esseen, P.-A. & Löfgren, P. 2004. Vegetationskartan över fjällen och Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) som underlag för Natura 2000. Arb rapport 124. ISRN SLU-SRG--AR--124--SE
- Esseen P-A, Glimskär A, Moen J, Söderström B, Weibull A. 2004. Analys av informationsbehov för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS). Arb. rapport 132. ISRN SLU-SRG--AR--132--SE
- Holmgren, J. 2004. Prediction of tree height, basal area and stem volume in forest stands using airborne laser scanning. *Scandinavian Journal of Forest Research* 19(6):543-553.
- Holmgren, J. and Persson, Å. 2004. Identifying species of individual trees using airborne laser scanner. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), pp. 415-550.  
<http://www.intergraph.com/dmc/> <http://www.topeye.com>
- Ihse, M. & Blom, G. 2000: Monitoring changes in land-use, landscape features, biodiversity and cultural heritage in Sweden – the LIM-project. In R.H.G. Jongman & U. Mander. (eds.) *Consequences of Land Use Changes*, WITT Press, Southampton and Boston, serie *Advances in Ecology*. – pp 39–74.

- Ihse, M. & Allard, A. 1995. Vegetationsförändringar i renbetesfjäll. Metodstudier i södra fjällen med hjälp av IR-färgbilder. WWF, Rapport nr 2:95.
- Ihse, M., Rafstedt, T. & Wastenson, L. 1993. Flygbildstolkning av vegetation, i Flygbildsteknik och fjärranalys, Skogsstyrelsen, Jönköping s. 247-284.
- Ihse, M. & Wastenson, L. 1975. Flygbildstolkning av fjällvegetation - en metodstudie för översiktlig kartering. Statens Naturvårdsverk PM 596.
- Ihse, M. 1995: Flygbildstolkning för landskapsövervakning med inriktning mot biologisk mångfald. Naturvårdsverkets rapport inom LiM-projektet Naturvårdsverkets rapport PM 4401.
- Inghe, O. 2006. En jämförelse mellan dagens NILS och kravtabellerna i Analys av informationsbehov för NILS (Arbetsrapport 132 2004). Med tentativa slutsatser för hur gå vidare i nästa omdrev samt med 25 kvkm-ytan. Naturvårdsverket, Internt PM.
- Klang D. och Burman, H., 2006 En ny svensk höjdmodell – Laserskanning, testprojekt Falun. Rapportserie: Geodesi och Geografiska informationssystem, LMV-rapport 2006:3
- Moffiet, T, Mengersen, K, Witte, C, King, R. and Denham, R. 2005. Airborne laser scanning: Exploratory data analysis indicates potential variables for classification of individual trees or forest stands according to species. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 59, pp. 289-309.
- Morgan, M. and Habib A., 2001. 3D TIN for Automatic Building Extraction from Airborne Laser Scanning Data. Proceedings of the ASPRS, Gateway to the New Millennium, St. Louis, Missouri (23-27 April, 2001).  
<http://www.geomatics.ucalgary.ca/~habib/papers/3D%20TIN%20for%20Automatic%20Building%20Extraction%20from%20Airborne%20Laser.pdf>
- Naturvårdsverket, 2007. Flygbildstolkningsmanual inom Basinventeringen Natura2000 version 7.0. se naturvårdsverkets hemsida  
 (http://swenviro.naturvardsverket.se/dokument/epi/basinventering/basinvent.htm)
- Persson, Å., Holmgren, J. and Söderman, U. 2006. Identification of tree species of individual trees by combining very high resolution laser data with multi-spectral images. Workshop on 3D Remote Sensing in Forestry, 14<sup>th</sup>-15<sup>th</sup> Feb. 2006 – Vienna – Session 4a.
- Persson, Å., Söderman, U., Töpel, J., Ahlberg, S. 2005. Visualization and analysis of full-waveform airborne laser scanner data. In proceedings of the ISPRS Workshop Laser scanning. vol. 36 (Part 3/W19), pp. 103-108.
- Persson, Å., Holmgren, J., Söderman, U., and Olsson, H. 2004. Tree species classification of individual trees in Sweden by combining high resolution laser data with high resolution near-infrared digital images. International Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Proceedings of the ISPRS working group VIII/2, Laser-Scanners for Forest and Landscape Assessments, Freiburg, Germany, 2004-10-03 to 2004-10-06.
- Ringvall, A., Ståhl, G. Löfgren, P och Fridman, J. 2004. Skattningar och precisionsberäkning i NILS - Underlag för diskussion om lämplig dimensionering. ISRN SLU-SRG--AR--128—SE

Xiaowei, Y., Hyypä, J., Kaartinen, H., Maltamo, M. 2004. Automatic detection of harvested trees and determination of forest growth using airborne laser scanning. Remote Sensing of Environment 90. pp. 451-462.

Waser, T., Ecker, K., Ginzler, C., Küchler, M., Schwarz, M and Thee, P. 2006. Extraction of forest parameters in a mire environment using airborne spectral data and digital surface models. Workshop on 3D Remote Sensing in Forestry, Feb 2006. Vienna – Session 1 pp. 15-23.

#### **Övriga referenser**

Allmän beskrivning: GGD, Grundläggande Geografiska Data. 2005. Lantmäteriet  
[http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/kartor/a\\_GGD10.pdf](http://www.lantmateriet.se/upload/filer/kartor/kartor/a_GGD10.pdf)

## BILAGA 1. VARIABLER FÖR FÖRENKLAD TOLKNING AV LANDSKAPSRUTAN 5X5 KM

### Marktäcke och naturlighet

- 1 Terrester
- 2 Semiakvatisk
- 3 Akvatisk
- 4 Åker
- 5 Bebyggd mark
- 6 Hårdgjord/Belagd mark
- 7 Anlagd grönyta
- 10 Glaciär/Snötäckt mark
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Ej tolkningsbar - Orsak

- 1 Moln, molnskugga
- 2 Slagskugga
- 3 Bildskada
- 4 Annan orsak
- 77 Ska ej anges

### Substrattyp\*

- 1 Berg och blockmark
- 1 Blockmark
- 3 Mineraljord
- 4 Torv och humus
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Substrattäckning

- 0 0 %
- 1 < 10 %
- 2 10-30 %
- 3 30-50 %
- 4 50-70 %
- 5 > 70 %
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

\* gäller exponerat substrat

**Argument för sammanslagning av kod 1-2:** Vid mindre ytor kan man inte se ytstrukturen vilket kan göra det svårt att skilja mellan berg och blockmark och i vissa fall även mineraljord.

### Substrattäckning\*

- 0 0 %
- 1 < 10 %
- 2 10-30 %
- 3 30-50 %
- 4 50-70 %
- 5 > 70 %
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Utvecklingsgrad – skog\*\*

- 1 Ungskog, hygge (Ung. Hygge/Plantskog/Ung röjningsskog)
- 2 Tillväxtskog (Ung. Gallringsskog)
- 3 Fullväxt skog, Produktiv (Ung. Mogen slutavverkningsskog)
- 4 Fullväxt skog, Lågproduktiv
- 5 Fullväxt skog, Naturskogsartad skog
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

\* Dessa klasser är ungefär jämförbara med

Öppen mark	< 10 % trädäckning
Gles trädbevuxen mark	10-30 % trädäckning
Tät trädbevuxen mark	30-50 % trädäckning
Gles skog	50-70 % trädäckning
Tät skog	> 70 % trädäckning

\*\* Utvecklingsgraden i skog ska baseras på en definition som utgår från trädhöjd, struktur, läge, täthet, naturlighet etc.

### Trädslagsblandning\*

- 1 Ädellövträd
- 2 Lövträd
- 3 Lövträd med inslag av barr
- 4 Blandträd
- 5 Barrträd med inslag av löv
- 6 Barrträd
- 7 Fjällbjörk
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

\* OBS! Ädellövträden har hög prioritet att kartera men karteringssäkerheten är relativt låg varför det bör vara > 50 % ädellöv ska för säkerheten ska kunna ökas. Bredkroniga lövträd (alla arter men framförallt lönn med mera) riskerar tolkas som ädellöv.

### Busk- och småträdstäckning

- 0 Synliga buskar/småträd saknas
- 1 < 10 % buskar/småträd
- 2 10 -30% buskar/småträd
- 3 > 30 % buskar/småträd
- 77 Ska ej anges
- 99 Ej tolkningsbar

### Fält- och bottenskikt

- 1 Gräs- och örtdominerad
- 2 Gräs/Risdominerad
- 3 Risdominerad
- 4 Lav/Risdominerad
- 5 Lavdominerad
- 6 Vassdominerad
- 7 Starr, mm dominerad
- 8 Mossdominerad
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Fuktighet

- 1 Torr - Frisk
- 2 Frisk - Fuktig
- 3 Fuktig - Våt
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Typ av semiakvatisk mark

- 1 Kärr
- 2 Mosse
- 3 Blandmyr
- 4 Obestämd myr (Mosse, kärr)
- 5 Tidvis vattentäckt (sötvatten)
- 6 Tidvis vattentäckt (saltvatten)
- 7 Övrig blöt mark
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Typ av akvatisk yta

- 1 Öppet sötvatten
- 2 Öppet sötvatten med övervattenvegetation
- 3 Öppet brackvatten
- 4 Öppet brackvatten med övervattenvegetation
- 5 *Dammar*
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Typ av bebyggd mark

- 1 Tätort
- 2 Småort
- 3 Fritidshusområde
- 4 Industribebyggelse
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

### Typ av anlagd mark

- 1 Väg
- 2 Järnväg
- 3 Övrigt
- 77 Ska ej tolkas
- 99 Ej tolkningsbar

## **Markanvändning**

- 0** Ingen synbar markanvändning
- 1** Skogsbruk
- 2** Bete, slätter (ej på åker)
- 3** Odling, bete, slätter på åker
- 4** Svårklassificerad åker
- 5** Övrig odling
- 6** Rekreationsområde
- 7** Markanvändning övrigt
- 77** Ska ej tolkas
- 99** Ej tolkningsbar

## **Årgärder/Påverkan**

- 1** Nytt eller nyrensat dike
- 2** Äldre dikning
- 3** Torvtäkt
- 4** Erosion
- 77** Ska ej tolkas
- 99** Ej tolkningsbar

## **Historisk markanvändning**

- 1** Skogsbruk
- 2** Åker
- 3** Bete, slätter
- 77** Ska ej tolkas
- 99** Ej tolkningsbar

## **Specialfall**

- 1** Inte aktuell
- 2** Skogsmark enligt svensk definition
- 3** Fjäll, enligt NILS
- 77** Ska ej tolkas
- 99** Ej tolkningsbar

## BILAGA 2. FÖRSLAG PÅ MÖJLIG KLASSIFICERING AV LANDSKAPSRUTAN

Förslaget på möjlig klassificering är framtaget för att kunna redovisas på 3 nivåer och grundar sig i första hand på användarnas behov och i andra hand på befintliga klassificeringssystem, varför vissa avvikelser från en korrekt hierarkiska uppbyggnad har föreslagits.

Följande befintliga redovisningssystem har beaktats:

- Marktäcke-klasser i GSD vegetationsdata
- Marktäcke-klasser i Svenska Marktäckedata (SMD)
- Förslag på svensk standardnomenklatur för kartering av vegetation, biotoper och landskapselement från IRF-flygbilder (Ihse&Runborg. 2000)

Anledningen till att ett förslag på klassificeringssystem redovisas är för att åskådliggöra hur många variabler som måste tolkas, eller indirekt ta hänsyn till, för att kunna skapa dessa klasser,

### Exploaterad mark

- **Bebyggd mark**
  - Tätort
  - Småort
  - Fritidshusområden
  - Arbetsplatsområden
  - Bebyggelse utanför tätort, småort
- **Hårdgjord/Anlagd mark**
  - Större vägar
  - Övrig hårdgjord, anlagd mark
- **Anlagda grönytor**
  - Rekreatjonsområde
  - Öppet
    - Öppet rekreatjonsområde
    - Glest trädbevuxet rekreatjonsområde
    - Rekreatjonsområden inom skogsmark
  - Övriga grönområden

### Vatten

- **Större vattendrag**
- **Sötvatten**
  - Med övervattenvegetation
  - Utan övervattenvegetation
- **Saltvatten**
  - Med övervattenvegetation
  - Utan övervattenvegetation
- **Brackvatten**
  - Med övervattenvegetation
  - Utan övervattenvegetation

### Våtmarker

- **Kärr**
  - Utan påverkan
    - Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)

- *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Dikning
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Övrig påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
- **Mosse**
  - Utan påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Dikning
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Övrig påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
- **Blandmyr**
  - Utan påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Dikning
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Övrig påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
- **Svårklassificerad semiakvatisk yta**
  - Utan påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Dikning
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Övrig påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
- **Tidvis vattentäck mark (Sötvatten)**
  - Utan påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Dikning
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Övrig påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
- **Tidvis vattentäck mark (Salt/Brackvatten)**
  - Utan påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Dikning
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*
  - Övrig påverkan
    - *Utan träd och buskar (< 10 % träd/busktäckning)*
    - *Med träd och buskar (> 10 % träd/busktäckning)*

## **Glaciär och snötäckt mark**



## Öppna marker (Ej skogsbruk)

- **Åker**
  - Åkermark med gröda, bete och slåttervall
  - Svårklassificerad åker
  - Åkermark med övrig odling
- **Öppen gräs, ris och örtvegetation**
  - Öppna betesmarker
    - *Utan buskar och småträd (< 10 % busktäckning)*
    - *Med buskar (10-30 % busktäckning)*
  - Öppna gräsmarker
    - *Utan buskar och småträd (< 10 % busktäckning)*
    - *Med buskar (10-30 % busktäckning)*
  - Låglandshedar
    - *Utan buskar och småträd (< 10 % busktäckning)*
    - *Med buskar (10-30 % busktäckning)*
  - Naturliga strandängar
    - *Utan buskar och småträd (< 10 % busktäckning)*
    - *Med buskar (10-30 % busktäckning)*
  - Alpina gräsmarker
    - *Utan buskar och småträd (< 10 % busktäckning)*
    - *Med buskar (10-30 % busktäckning)*
  - Alpina hedmarker
    - *Utan buskar och småträd (< 10 % busktäckning)*
    - *Med buskar (10-30 % busktäckning)*
- **Öppna buskmarker (> 30 % busktäckning)**
  - Alpina buskmarker (videbuskmarker)
  - Övriga buskmarker)
- **Öppna substratdominerade marker (> 70 % bart substrat)**
  - Stränder, sanddyner, slätter
  - Block och hållmarker

## Skog och trädbevuxna marker (skogsbruk)

- **Sumpskog**
  - Barrsumpskog
  - Lövsumpskog
- **Barrskog**
  - Ungskog, hygge
  - Tillväxtskog (ung – medelålders skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Produktiv (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Lågproduktiv (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Naturskogsartad (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
- **Blandskog**
  - Ungskog, hygge
  - Tillväxtskog (ung – medelålders skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Produktiv (gammal skog)

- *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
  - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
- Fullväxt skog - Lågproduktiv (gammal skog)
  - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
  - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
- Fullväxt skog - Naturskogsartad (gammal skog)
  - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
  - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
- **Lövskog**
  - Ungskog, hygge
  - Tillväxtskog (ung – medelålders skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Produktiv (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Lågproduktiv (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Naturskogsartad (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
- **Ädellövskog**
  - Tillväxtskog (ung – medelålders skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Produktiv (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
  - Fullväxt skog - Naturskogsartad (gammal skog)
    - *Tät – Gles skog (50-100 % trädäckning)*
    - *Tät – Gles trädbevuxen mark (10-50 % trädäckning)*
- **Fjällbjörkskog**

## **BILAGA 3. FÖRSLAG PÅ MÖJLIG KLASSIFICERING AV LANDSKAPSRUTAN (FÖRENKLAD)**

### **Exploaterad mark**

- **Bebyggd mark**
  - Tätort
  - Småort
  - Fritidshusområden
  - Arbetsplatsområden
  - Bebyggelse utanför tätort, småort
- **Hårdgjord/Anlagd mark**
  - Större vägar
  - Övrig hårdgjord, anlagd mark
- **Anlagda grönytor**
  - Rekreatiomsområde
  - Övriga grönområden

### **Vatten**

- **Större vattendrag**
- **Sötvatten**
- **Saltvatten och brackvatten**

### **Våtmarker (ej med träd enligt fastighetskartan)**

- **Kärr**
- **Mosse**
- **Blandmyr**
- **Trädklädd myr (< 30 % trädäckning, trädäck enligt fastighetskartan))**
- **Utdikad myr, sänkt sjö**
- **Torvtäkt**
- **Övrig semiakvatisk yta**

### **Glaciär och snötäckt mark**

### **Öppna marker (Ej skogsbruk samt generellt < 10 % trädäckning)**

- **Åkermark**
  - Åker med gröda, betes och slåttervall
  - Svårklassificerad åker
  - Åkermark med övrig odling
- **Öppen gräs, ris och örtvegetation**
  - Öppna betesmarker
  - Öppna gräsmarker
  - Låglandshedar (ris)
  - Naturliga strandängar
  - Alpina gräsmarker
  - Alpina hedmarker
- **Öppna buskmarker (> 30 % busktäckning)**
  - Alpina buskmarker/videbuskmarker
  - Övriga buskmarker
- **Öppna substratdominerade marker (> 70 % bart substrat)**
  - Stränder, sanddyner, slätter
  - Block och hållmarker

## **Skog och trädbevuxna marker (Skogsbruk)**

- **Sumpskog och trädklädd myr (> 30 % trädäckning)** trädäck enligt fastighetskartan
  - Sumpbarrskog
  - Lövsumpskog
- **Trädklädd betesmark (< 30 % trädäckning)**
- **Barrskog**
  - Ungskog, hygge
  - Medelålders till fullväxt skog, ej naturskog
  - Fullväxt skog, Naturskogsartad (gammal skog)
- **Blandskog**
  - Ungskog, hygge
  - Medelålders till fullväxt skog, ej naturskog
  - Fullväxt skog, Naturskogsartad (gammal skog)
- **Lövskog**
  - Ungskog, hygge
  - Medelålders till fullväxt skog, ej naturskog
  - Fullväxt skog, Naturskogsartad (gammal skog)
- **Fjällbjörkskog**

## BILAGA 4. FÖRKORTNINGAR FÖR KONTAKTADE ORGANISATIONER I ARB RAPPORT 132.

<b>ADB</b>	Artdatabanken
<b>BV</b>	Boverket
<b>CBM</b>	Centrum för Biologisk Mångfald
<b>EVP</b>	Inst. för Ekologi och Växtproduktionslära
<b>GU</b>	Göteborgs universitet, Zoologiska institutionen
<b>HS</b>	Hushållningssällskapet
<b>IEH</b>	Statens Institut för Ekologisk Hållbarhet
<b>IVL</b>	IVL Svenska Miljöinstitutet AB
<b>JV</b>	Jordbruksverket
<b>Krist</b>	Kristianstad kommun
<b>KTH</b>	Kungliga Tekniska Högskolan
<b>LPL</b>	Inst. för Landskapsplanering
<b>LRF</b>	Lantbrukarnas Riksförbund
<b>LRF</b>	LRF Skogsägarna
<b>Lst AC</b>	Länsstyrelsen i Västerbotten
<b>Lst BD</b>	Länsstyrelsen i Norrbottens län
<b>Lst F</b>	Länsstyrelsen i Jönköpings län
<b>Lst G</b>	Länsstyrelsen i Göteborg
<b>Lst H</b>	Länsstyrelsen i Kalmar län
<b>Lst K</b>	Länsstyrelsen i Kalmar
<b>Lst N</b>	Länsstyrelsen i Hallands län
<b>Lst S</b>	Länsstyrelsen i Värmlands län
<b>Lst U</b>	Länsstyrelsen i Uppsala
<b>Lst W</b>	Länsstyrelsen i Dalarna
<b>Lst X</b>	Länsstyrelsen i Gävleborgs län
<b>Lst Z</b>	Länsstyrelsen i Jämtland
<b>Malmö</b>	Malmö Stad
<b>NVV</b>	Naturvårdsverket
<b>RAÄ</b>	Riksantikvarieämbetet
<b>Same</b>	Svensk-norska Renbeteskommissionen och Sametinget
<b>SCA</b>	
<b>SF</b>	SkogForsk
<b>SKS</b>	Skogsstyrelsen
<b>SLU</b>	Artdatabanken
<b>SLU</b>	Institutionen för Naturvårdsbiologi, Uppsala
<b>SLU</b>	Institutionen för Skoglig marklära, Uppsala
<b>SLU</b>	Institutionen för Skogsskötsel, Umeå
<b>SLU</b>	Sveriges Lantbruksuniversitet
<b>SNF</b>	Naturskyddsföreningen
<b>SNF</b>	Svenska Naturskyddsföreningen
<b>SSR</b>	Svenska Samernas Riksförbund
<b>SST</b>	Stiftelsen Svensk Torvforskning
<b>SU</b>	Stockolms Universitet
<b>SVS</b>	Skogsvårdsstyrelsen i Västerbotten
	Umeå universitet, Institutionen för biologi, miljö och geovetenskap
<b>UMU</b>	Umeå universitet, Institutionen för ekologi och geovetenskap
<b>UMU</b>	Umeå Universitet
<b>UU</b>	Uppsala universitet, Institutionen för evolutionsbiologi
<b>VV</b>	Vägverket, Borlänge
<b>WWF</b>	Världsnaturfonden

## BILAGA 5. FASTIGHETSKARTAN SOM STÖD VID MANUELL TOLKNING

Marktäcke och naturlighet inom NILS	Aktuella skikt från fastighetskartan	Kommentar
1. Terrester	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ej brukad åker</li> <li>Annan öppen mark</li> <li>Ej brukad åker</li> <li>Kalfjäll</li> <li>Barr- och blandskog</li> <li>Hygge</li> <li>Lövskog</li> <li>Fjällbjörkskog</li> </ul>	<p>Stöd vid kartering av terrester mark förutom åker.</p> <p>Informationen är av varierande kvalitet och kan endast ibland användas direkt. Många ytor måste dock avgränsas vidare.</p> <p>Hyggeskiktet är endast delvis aktuellt.</p>
2. Akvatisk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vattenyta (Yta)</li> </ul>	<p>Stämmer relativt väl och kan oftast användas direkt för ytavgränsning eftersom kriteriet för ändring dras vid ett lägesfel på 30 m</p>
3. Semiakvatisk	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sankmark</li> <li>Sankmark normal – barrskog</li> <li>Sankmark normal – fjällbjörkskog</li> <li>Sankmark normal – hygge</li> <li>Sankmark normal – kalfjäll</li> <li>Sankmark normal – lövskog</li> <li>Sankmark normal – annan öppen mark</li> <li>Sankmark svår – barrskog</li> <li>Sankmark svår – fjällbjörkskog</li> <li>Sankmark svår – kalfjäll</li> <li>Sankmark svår – lövskog</li> <li>Sankmark, svårframkomlig</li> <li>Sankmark svår – annan öppen mark</li> <li>Sankmark blekväte</li> <li>Sankmark blekväte – annan öppen mark</li> </ul>	<p>Skikten stämmer relativt väl och kan oftast användas direkt för ytavgränsning eftersom kriteriet för ändring dras vid ett lägesfel på 30 m</p>
4. Åker	<ul style="list-style-type: none"> <li>Åker</li> <li>Fruktodling/Früplantage</li> </ul>	<p>Skikten stämmer relativt väl och kan oftast användas direkt för ytavgränsning eftersom kriteriet för ändring dras vid ett lägesfel på 30 m</p>
5. Bebyggd mark	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bebyggelse, ospecificerad</li> <li>Låg bebyggelse</li> <li>Hög bebyggelse</li> <li>Sluten bebyggelse</li> <li>Industriområde</li> <li>Byggnad + buffertzoon</li> </ul>	<p>Är ofta generaliserade och kräver en del editering och vidare indelning. Anses ändå utgöra ett bra stöd även om sällan kan användas direkt.</p>
6. Hårdgjord/Belagd mark	<ul style="list-style-type: none"> <li>Övrig mark - ospecificerad</li> </ul>	<p>Kan användas som stöd och vissa gränser går att använda direkt.</p>
7. Anlagda grönytor	<ul style="list-style-type: none"> <li>Övriga byggnadslinjer</li> </ul>	<p>Innehåller information om idrottsplatser</p>
8. Täkt		-
9. Deponi		-
10. Glaciär, snötäckt mark		-



## BILAGA 6 – BEHOV UTPEKADE I INFORMATIONSANALYSEN (ARB RAPPORT 132)

Här redovisas en sammanställning av behov som utpekats i Arb. rapport 132 ”*Analys av informationsbehovet för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS)*” (Essen et al. 2004). Sammanställningen gäller typer som kan vara aktuella för tolkning av landskapsrutan.

Utifrån informationsanalysen utförde Ola Inghe på Naturvårdsverket under 2006 en jämförelse mellan dagens NILS och kravtabellerna i (Esseen et al. 2004) med tentativa slutsatser för hur gå vidare i nästa omdrev (Inghe. 2006). Sammanställningen av det som är aktuellt för landskapsrutan redovisas i nedan under respektive landskapstyp utgår till stora delar från Inghes sammanställning.

Sammanställningen i nedan är kondenserad och för mer information hänvisas till Arb. rapport 132 (Essen et al. 2004).

### 6.3 Jordbrukslandskapet

I tabell 2 redovisas de behov som utpekats i informationsanalysen (Esseen et al. 2004) för odlingslandskapet. Där NILS ordinarie stickprov inom kilometerrutan (1x1 km) inte räcker till kan det vara prioriterat att utföra någon form av särskild insats för bristobjektstyperna vid tolkningen av landskapsrutan.

En av utgångspunkterna vid den manuella tolkningen är att befintliga GIS-data ska kunna användas direkt eller indirekt och editeras vid behov för att underlätta tolkningen.

*Tabell 2. Identifierade behov inom Jordbrukslandskapet (Esseen et al. 2004) som kan vara aktuellt för landskapsrutan (5x5 km). Under prioritet anges antalet personer som föreslagit variablerna. Ibland har flera personer från samma organisation föreslagit variabeln varför dessa då också räknas in vid summeringen av prioritet. Förklaring till förkortningarna i kolumnen avnämare anges i Bilaga 4.*

Processer/Påverkan	Prioritet	Avnämare	Kommentar
Hävdintensitet	9	CBM, HS, LRF, LstU, SJV, GU, NVV, WWF, LstK	Hävd tolkas i 1x1 km rutan och stickprovet där torde räcka. För 5x5 km rutan kan det vara aktuellt att skilja på åker och betesmark samt annan öppen mark.
Markanvändning i det omgivande landskapet	5	CBM, HS, LstU, SJV, EVP	Syftet med 5x5 km rutan är att den ska bidra med information om det omgivande landskapet .
Vägtäthet (exploateringsgrad, barriärer, korridorer)	2	VV, Lpl	1x1 km rutan ger detaljerade information men utifrån befintliga GIS-data från Lantmäteriet är det möjligt att ta fram mått även inom 5x5 km. Nyttillkomna vägar tolkas manuellt.
Kontinuitet i markanvändning	2	EVP, Lpl	För att följa kontinuitet i markanvändning krävs långa tidsserier och/eller historiskt material (flygbilder, kartor). Ett bra mått på kontinuitet vore studier av successions förlopp.

Historisk markanvändning	2	RAÄ, Lpl	<i>Historiskt material kan ge olika information beroende på syfte. Syftet behöver klargöras och kräver metoder för hur den historiska informationen ska extraheras. Detta bör då självklart utföras även för 5x5 km.</i>
<b>Biotoper</b>			
Åkerholmar (förekomst, kvalitet, hävd, igenväxn)	5	NVV, HS, LRF, LstU, SJV	<i>Åkerholmar karteras detaljerat inom 1x1 km och ger ett gott stickprovsunderlag. Åkerholmar större än 0,5/0,25 ha bör kunna karteras inom 5x5 km. Punktojekt kan tolkas på uppdrag.</i>
Index på landskapets mångformighet (för att följa landskapsförändringar)	2	LRF, SJV	<i>Grova mått är möjliga i 5x5 km Intressanta index är: fragmentering, isolering, någon typ av cost distance analys, dvs. omgivande landskapets resistens eller friktion. Landskapets mångformighet är också intressant ur perspektivet konnektivitet, spridning och barriärer.</i>
Sammansättning/konfiguration av småbiotoper (splittringsgrad)	2	LstG, Lp	<i>1x1 km ger stort stickprovsunderlag. Småbiotoper ofta mindre än den minsta karteringsenhet som föreslås för 5x5 km. Tolkning av sällsynta typer dock ske på uppdrag. OBS! småbiotoper kan lika gärna vara en varningssignal på fragmentering och behöver inte självklart betyda högre diversitet och vara positivt för biologisk mångfald. Småbiotoper kan utgöra den sista spillran av mer utbredda biotoper i ett historiskt perspektiv!</i>
Förändringar i sammansättning/konfiguration av småbiotoper över tid	2	SJV, EVP	<i>1x1 km ger stort stickprovsunderlag. Analyser kan på uppdrag utökas till 5x5 km.</i>
Areal av olika biotoper	2	LstK, EVP	<i>Grova mått är möjliga i 5x5 km</i>
Andel lövträd/lövskogar	2	LstG	<i>Grova mått möjliga i 5x5 km</i>
Andel betad skog	1	Lst U	<i>Kräver manuellt tolkning eller fältinventering. Bete är extremt svårt att tolka ur flygbilder och detta kräver indata, tolkning och redigt med fältarbete!</i>
<b>Linjeelement</b>			
Spridningskorridorer	1	WWF	<i>Grova mått möjliga i 5x5 km. Detta behöver inte endast vara ett linjeelementsfenomen utan lika gärna ytor och gradvisa övergångszoner mellan ytor.</i>
Index på brynzoner	2	WWF, LstG	<i>Grova mått möjliga i 5x5 km</i>

## 6.4 Urban miljö

I Tabell 3 redovisas de behov som utpekats i informationsanalysen (Esseen et al. 2004) för urban miljö. De variabler som tolkas inom kilometerrutan (1x1 km) svarar till stor del mot de önskemål som framlagts i behovsanalysen. Andelen urban miljö i NILS 1x1 km stickprov är dock låg. Med utgångspunkt från SMD utgörs endast 1,91 % av landskapsrutan (5x5 km) av anlagd mark och sett till vägkartan finns endast 0,37 % tätorter vilket kan motivera speciella insatser i landskapsrutan.

*Tabell 3. Identifierade behov inom Urban miljö (Esseen et al. 2004) som kan vara aktuellt för landskapsrutan (5x5 km). Under prioritet anges antalet personer som föreslagit variablerna. Ibland har flera personer från samma organisation föreslagit variabeln varför dessa då också räknas in vid summeringen av prioritet. Förklaring till förkortningarna i kolumnen avnämare anges i Bilaga 4.*

Processer/Påverkan	Prioritet	Avnämare	Kommentar
Rekreation	5	BV, NVV, Malmö, KTH, SU	Rekreationsaspekter i stadsnära naturområden har utpekats som prioriterade men frågeställningen behöver klargöras med avseende på behov och detaljeringsgrad. Kräver utveckling av definitioner. Kan prioriteras i 5x5 km pga. att stickprovet inom 1x1 km förmodligen är för litet.
Barriärer för arters spridning	4	NVV, Malmö, KTH, SU	Grova mått på spridningsvägar är möjliga inom 5x5 km för landskapet som helhet. Om analyserna specifikt ska utföras inom urban miljö kan en annan detaljeringsnivå krävas vilket behöver utredas. En relativt detaljerad manuell kartering av grönområden kan föreslås i tätorter. Utifrån hus och vägar kan det också vara möjligt att ta fram grova mått på barriärer. Möjligen bör man prata om "habitatgodhetsindex" eftersom det framförallt går få generella mått för stora och lättspredda arter.
Bebyggelse, förtätning	4	BV, NVV, Malmö, KTH	Byggnader från fastighetskartan kompletteras med manuell tolkning även i 5x5 km.
Exploatering av vattenmiljöer	1	SNF	Strandzonsexploatering kan karteras på uppdrag inom 5x5 km.
Fragmentering av biotoper	1	SNF	Grova mått möjliga inom 5x5 km, se barriärer för arters spridning
<b>Biotoper</b>			
Rumslig fördelning - mosaikstruktur	6	NVV, Malmö, KTH, SU, CBM, SNF	För landskapet som helhet är grova mått möjliga i 5x5 km. Specifikt för urban miljö, se barriärer för arters spridning. Mer detaljerad tolkning kan ske på uppdrag inom 5x5 km.
Grönytor, grönstrukturer, parker	5	BV, NVV, KTH, SU, SNF	En relativt detaljerad manuell kartering av grönområden kommer att föreslås i tätorter.

Trädgårdar, koloniområden, kyrkogårdar	5	BV, NVV, KTH, SU, SNF	Detaljerad tolkning kan ske på uppdrag inom 5x5 km.
Biotopvariation på landskapsnivå.	2	Malmö, CBM	Grova mått möjliga inom 5x5 km

## 6.5 Våtmarker och stränder

I Tabell 4 redovisas de behov som utpekats i informationsanalysen (Esseen et al. 2004) för kust och stränder. För sällsynta typer kan det vara motiverat med speciella insatser i landskapsrutan även om basnivån bör vara generell till sin karaktär.

*Tabell 4. Identifierade behov inom Våtmarker och stränder (Esseen et al. 2004) som kan vara aktuellt för landskapsrutan (5x5 km). Under prioritet anges antalet personer som föreslagit variablerna. Ibland har flera personer från samma organisation föreslagit variabeln varför dessa då också räknas in vid summeringen av prioritet. Förklaring till förkortningarna i kolumnen avnämare anges i Bilaga 4.*

Processer/Påverkan	Prioritet	Avnämare	Kommentar
Våtmarker: Dikning, skyddsdikning	10	NVV, SKS, LstN, LstBD, UU, SLU, CBM, WWF	Våtmarker karteras med stöd av GIS-data i 5x5 km. Dikning anges under markanvändning. För de våtmarkers som ingår i VMI/Rikkärrsinventeringen kan attributet dikning på sikt överföras till våtmarksobjektet. Ingen av ovanstående förslag anger var inom våtmarksobjektet dikningarna förekommer. Detaljerad tolkning av diken kan ske på uppdrag.
Våtmarker: Vägdragning, skogsbilvägar	5	NVV, SKS, CBM	Stort stickprov inom 1x1 km rutan. Vägar inom 5x5 km tas som linjeobjekt från GSD/GGD med manuell komplettering av nytillkomna och borttagna vägar.
Våtmarker: Avverkningar i omgivningen	2	NVV, WWF	Hyggen som karteras i 5x5 km ger möjlighet att göra en bedömning av omgivningen till 1x1 km.
Våtmarker: Torvtäkt	2	LstBD, SLU	Se Våtmarker: dikning, skyddsdikning
Stränder: Kreatursbete	5	Krist, CBM, SLU, WWF	Manuell tolkning eller fältinventering.
Stränder: Nyanläggning av vattenmiljöer i odlingslandskapet	3	NVV, LstN, SLU	Möjligt med förändringsanalys. Stickprovet i 1x1 km troligen relativt litet. Kanske motiverat men relativt detaljerad tolkning inom 5x5 km. Detaljerad tolkning kan ske på uppdrag.
Stränder: Vägdragning:	1	UmU	Se Våtmarker: Vägdragning, skogsbilvägar
<b>Biotoper</b>			
Våtmarker: Våtmarker med slätterhistoria	5	NVV, SKS, UmU, WWF	Kräver tillgång till historiska kartor och flygbilder, se <b>Odlingslandskapet</b> : historisk markanvändning

Våtmarker. Skoglig kontinuitet hos sumpskogar	2	SKS, WWF	Kräver tillgång till historiska kartor och flygbilder, se <b>Odlingslandskapet</b> : historisk markanvändning
Stränder. Fuktiga strandängar	4	NVV, Krist, UmU, SU	Troligen räcker stickprovet inom 1x1 km. Översiktlig tolkning kan vara möjligt i 5x5 km.
Stränder. "Naturliga" strandängar	2	NVV	Se Stränder: Fuktiga strandängar
Stränder. Avrinningsområdets storlekt och variation	1	UmU	Går oftast utanför 5x5 km skalan. Möjligen kan viss information överföras över till NILS-nivå (andel av ARO*)
Stränder. Vattendrags läge i förhållande till högsta kustlinjen	1	UmU	Information som i efterhand är möjlig att föra in i NILS
Stränder. Fragmenteringsgrad av biotoper längs vattendrag	1	UmU	Grova mått möjliga inom 5x5 km.
<b>Linjeelement</b>			
Våtmarker. Ekotoner/Kantzoner	3	NVV, SKS	Grova mått möjliga inom 5x5 km.
Våtmarker. Landskapsmosaik	1	SKS	Grova mått möjliga inom 5x5 km.
Stränder. Landskapsmosaik	1	Krist	Grova mått möjliga inom 5x5 km.
Stränder. Strandens flikighet	1	NVV	Grova mått möjliga inom 5x5 km.
Stränder. Gamla strandlinjer	1	CBM	Kräver förmodligen tillgång till historiska bilder, kartor samt även laserscanningsdata
<b>Punktelement</b>			
Stränder: Fritidshus, bryggor mm vid kusten	1	NVV	För bebyggelse vid stränder är grova mått möjliga inom 5x5 km. Kartering av bryggor med mera kan ske på uppdrag.

\* ARO = Avrinningsområde

## 6.6 Skoglandskapet

I Tabell 5 redovisas de behov som utpekats i informationsanalysen (Esseen et al. 2004) för skogslandskapet. En generell linje för övervakningen av skog bör vara att undvika hög detaljeringsgrad där RIS eller heltäckande satellitövervakning (kNN-Sverige) redan ger bra resultat (Inghe. 2006). Nivån för skogslandskapet som helhet bör därför hållas generell vilket då kan motivera speciella insatser mot utpekade typer, vilket är viktigt för att få en tydlig bild av landskapet som svarar mot användarnas behov.

Tabell 5. Identifierade behov inom Skogslandskapet (Esseen et al. 2004) som kan vara aktuellt för landskapsrutan (5x5 km). Under prioritet anges antalet personer som föreslagit variablerna. Ibland har flera

personer från samma organisation föreslagit variabeln varför dessa då också räknas in vid summeringen av prioritet. Förklaring till förkortningarna anges i Bilaga 4.

Processer/Påverkan	Prioritet	Avnämare	Kommentar
Igenväxning av jordbruksmark	7	SKS	Relativt stort stickprovsunderlag inom 1x1 km. Tolkningen kan förbättras med stöd av historiska bilder, även möjligt att tolka inom 5x5 km.
<b>Biotoper</b>			
Gammal skog (areal, beståndsstorlek, fördelning)	17	NVV, F S, LRF, Södra, SF, SKS, Same	Bör prioriteras även inom 5x5 km, framförallt vad gäller gammal naturskogsartad skog (se Flygbildstolkningsmanual inom Basinventeringen Natura2000 version 7.0 för definition, Naturvårdsverket 2007). Detta kräver dock tillgång på äldre flygbilder och är ett relativt tidskrävande moment.
Fragmentering (index, andel väglöst land, arealfördelning etc.)	16	X, S, NVV, UmU, SK, S, SVS, SE, SFA, Södra	Grova mått möjliga inom 5x5 km
Spridningskorridorer, förbindelser i landskapet	10	SKS, SF, F, NVV	Grova mått möjliga inom 5x5 km.
Hyggen, förnygringsytor yngre successionsstadier (storlek, varaktighet, förändringsanalys)	9	SKS, NVV, Same	Grova mått möjliga inom 5x5 km.
Naturskog (areal, fördelning, kontinuitet, kvalitet)	6	S, X, NVV, SLU	Se, gammal skog. Bör prioriteras även inom 5x5 km för grova mått. Kontinuitet kräver historiska bilder.
Lövskog (äldre, storlek, fördelning)	5	SVS, NVV, SLU, F, X	Bör prioriteras även inom 5x5 km på basnivån även om det blir frågan om grova mått.
Bergbranter (finns skyddande bård av träd, avverkning mot branter)	4	ADB	Kartas på uppdrag inom 5x5 km men kräver också riktade inventeringar i fält. Hög tolkningsnoggrannhet går att få med laserscannade data.
Lövskog (yngre, storlek, fördelning)	3	SCA, NVV	Se Lövskog (äldre, storlek, fördelning)
Sumpskog/Blöt skogsmark	3	SLU, LRF	Kan prioriteras, grova mått bör vara möjliga inom 5x5 km
Skoglig kontinuitet	2	Södra	Kontinuitet kräver historiska bilder och kartor. Möjligt att genomföra även för 5x5 km om prioriteten är tillräckligt hög. Kräver system för



			överföring av information till nuvarande tolkning.
Fördelning av naturtyper i landskapet	1	H	Grova mått möjliga inom 5x5 km
Skyddade områden	1	NVV	Information som är lätt att överföra i efterhand
<b>Linjeelement</b>			
Bryn och övergångszoner (längd, areal, trädslag, struktur)	16	NVV, LRF, F, SKS, ADB, GU	Grova mått möjliga inom 5x5 km
Vägar, skogsbilvägar (typ, längd, yta, påverkan av hydrologi)	5	NVV, LRF, SE	Grova mått möjliga inom 5x5 km
Skogskanter (antal, längd, riktning, yta av öppet fält)	2	NVV, IVL	Grova mått möjliga inom 5x5 km
Kraftledningar	1	NVV	Kraftledningar (luftledningar) som ingår i GSD/GGD kan införas i 5x5 km. Grova mått blir då möjliga under antagandet att det går överföra en schablonbredd till kraftledningarna.
<b>Punktelement</b>			
Grova gamla träd	10	GU, SLU, F, SKS	Troligtvis räcker stickprovet inom 1x1 km. Kan karteras på uppdrag inom 5x5 km alternativt fås med laserscanning.
Solitärträd	8	SLU, H, SKS, ADB, X	Se grova gamla träd

## 6.7 Fjällmiljö

I Tabell 6 redovisas de behov som utpekats i informationsanalysen för fjällen (Esseen et al. 2004). Sett till hela NILS stickprov så innehåller landskapsrutan endast en liten andel kalfjäll (4,15 %). Inom NILS finns totalt 144 rutor i stratum 10 (fjällstratumet) där 126 rutor innehåller kalfjäll. Andelen kalfjäll inom landskapsrutorna är ca 117998 ha, vilket utgör ca 3,51 % av landskapsrutornas totala areal i stratum 10 (Esseen et al. 2004). Sett till hela NILS blir andelen kalfjäll låg vilket kan motivera speciella insatser mot prioriterade typer även om tolkningen bör generaliseras jämfört med kilometerrutan (1x1 km).

*Tabell 6x. Identifierade behov inom Fjällen (Esseen et al. 2004) som kan vara aktuellt för landskapsrutan (5x5 km). Under prioritet anges antalet personer som föreslagit variablerna. Ibland har flera personer från samma organisation föreslagit variabeln varför dessa då också räknas in vid summeringen av prioritet. Förklaring till förkortningarna anges i Bilaga 4.*

Processer/Påverkan	Prioritet	Avnämare	Kommentar
Förbuskning	4	BD, Z, W, Same	Kan möjligen prioriteras inom 5x5 km. Grova mått kan bli möjliga. Alternativt kan tolkning med punktgittermetodik vara bättre. Det kan också vara intressant att se vad laserscannade data kan ge på

			sikt.
Vegetationstypers fördelning	2	NVV, AC	Grova mått möjliga inom 5x5 km
<b>Linjeelement</b>			
Trädgränsens läge	6	BD, AC, Z, W, IEH, Same	Ofta frågan om en subjektiv bedömning. Tolkning med punktgittermetodik kan vara bättre. Det kan också vara intressant att se vad laserscannade data kan ge på sikt.
Renstigar	4	NVV, BD, AC, Z, W	Intressant att se vad laserscannade data kan ge på sikt. Ingen tolkning av linjeelement föreslås i 5x5 km.
Leder	3	BD, AC, W	Se, renstigar
Renstängsel	1	AC	Se, renstigar
<b>Punktelement</b>			
Anläggningar, slitage	3	BD, AC, W	Troligtvis räcker inte NILS stickprov för att fånga upp anläggningar ens inom 5x5 km. Bör utredas.
Utbredning av barmarksfläckar (vindblottor)	1	BD, AC	Kräver detaljerad tolkning och kan karteras på uppdrag. Alternativt kan tolkning med punktgittermetodik vara bättre.